Gedächtniskonsolidierung im Schlaf - Modell

Martin Heinzerling
Peter Steinke

TU Dresden, Fakultät Informatik

02.07.2007

Inhaltverzeichnis

Einleitung

Modell

Versuch 1

Versuch 2

Versuch 3

Versuch 4

Diskussion

Autoren

Szabolcs Káli Forschungsstudent am Gatsby Computational Neuroscience Unit University College London

Peter Dayan Direktor vom Gatsby Computational Neuroscience Unit University College London

Ein Blick zurück

- Im Schlaf haben der Hippocampus (HC) und der Neocortex (NC) eine erhöhte Aktivität
- Schlaf verbessert die Ergebnisse bei Lerntests
- $\Rightarrow$ Gedächtniskonsolidierung im Schlaf?

Realer Vergleich

- Kann wiederholte Gedächtniskonsolidierung überhaupt das Lernen verbessern?
- $\Rightarrow$ Simulation durch ein Modell

Idee

- Konsolidierung des Erlebten/Gelernten → Transfer vom HC zum NC
- Wiederherstellung von Informationen und nicht bloß Speicherung

Diskussionspunkte

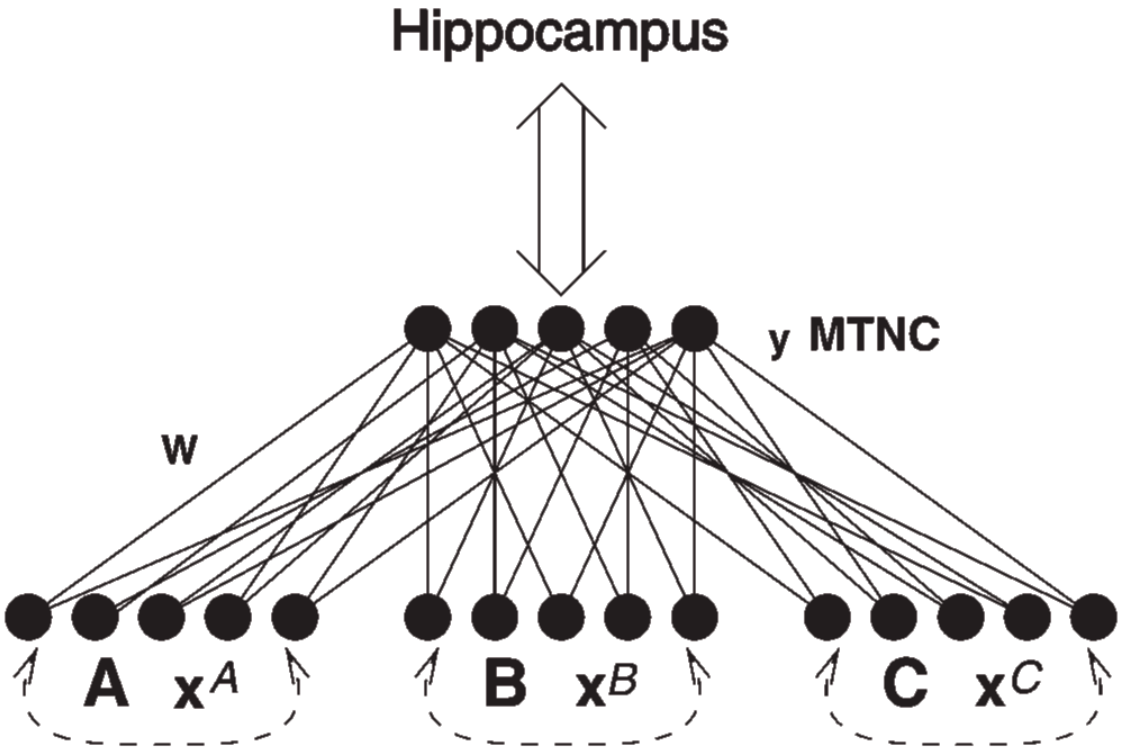
- Wird die Verarbeitung des semantischen und episodischen Gedächtnisses gleichartig durch den HC beeinflusst?
- Was passiert bei einer Amnesie?
- Hat der HC eine temporäre oder permanente Rolle für das episodische Gedächtnis?

Versuche

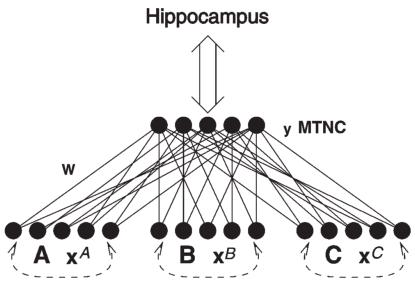
- Untersuchungen über:
  - Verarbeitung des episodischen und semantischen Gedächtnisses
  - Schäden am HC und medialem Temporallapen
  - Transfer-Modell
  - veränderte Dekodierungen von Informationen

Das verwendete Modell

Schema

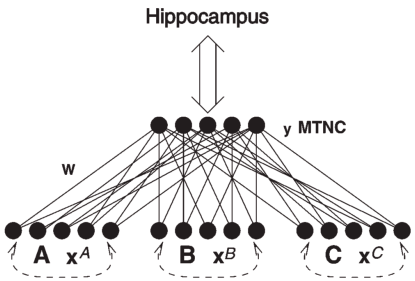


Aufbau



- kombiniertes hippocampal-neocorticales Modell für das episodische und semantische Gedächtnis
- Gedächtnisaufruf direkt oder über HC möglich
- Gewichtung der Neuronen erfolgt über unüberwachtes Lernen

Fähigkeiten

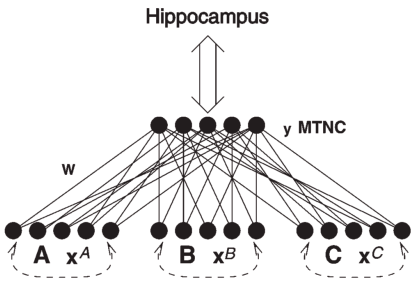


- Unüberwachtes Lernen führt zur Bildung von Kategorien und Tendenzen ⇒ semantisches Wissen
- Erkennen, Vervollständigen und Aufräumen von neuen, partiellen und gestörten Eingaben

Versuch 1

Langzeitspeicherung und Wiederherstellung von episodischen Erinnerungen

Aufbau



- eine Episode entspricht einem speziellen Muster über A-B-C
- Speicherung bzw. Wiederherstellung von Mustern des MTNC aus dem HC
- natürliches Vergessen im HC

Ziele

- Test des Transfer-Modells
- Simulation einer retrograden Amnesie

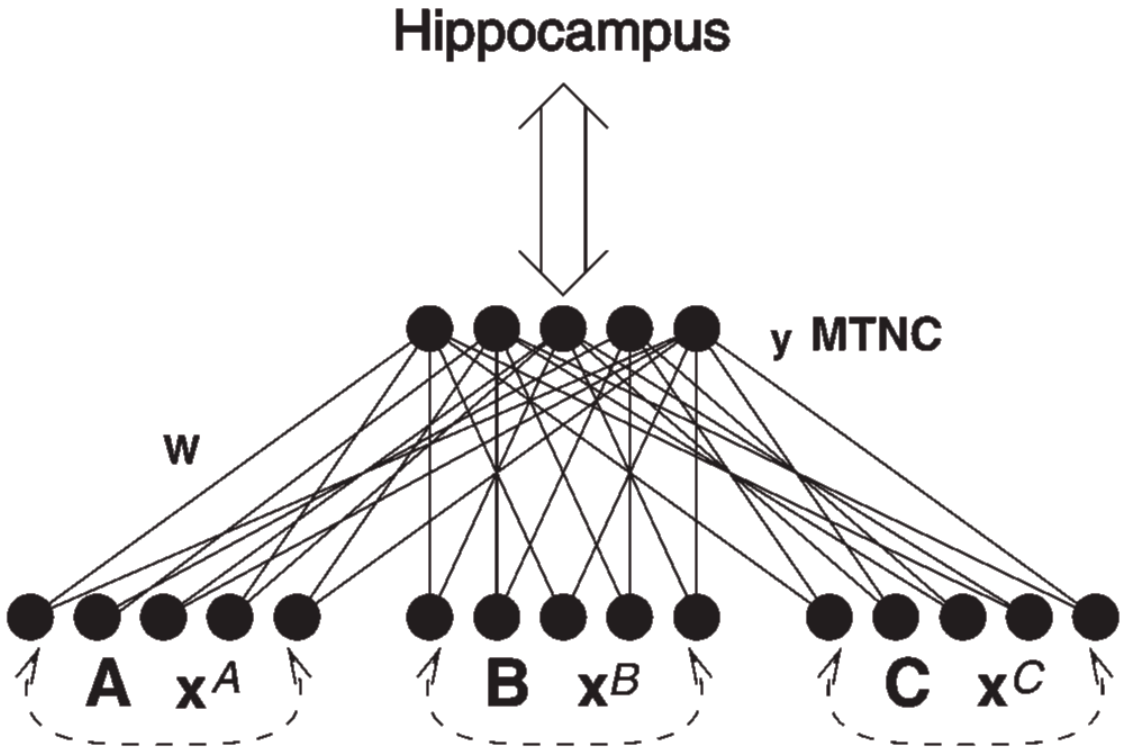
Modellierung

Lernen gleichmäßiger Eingabestimulus

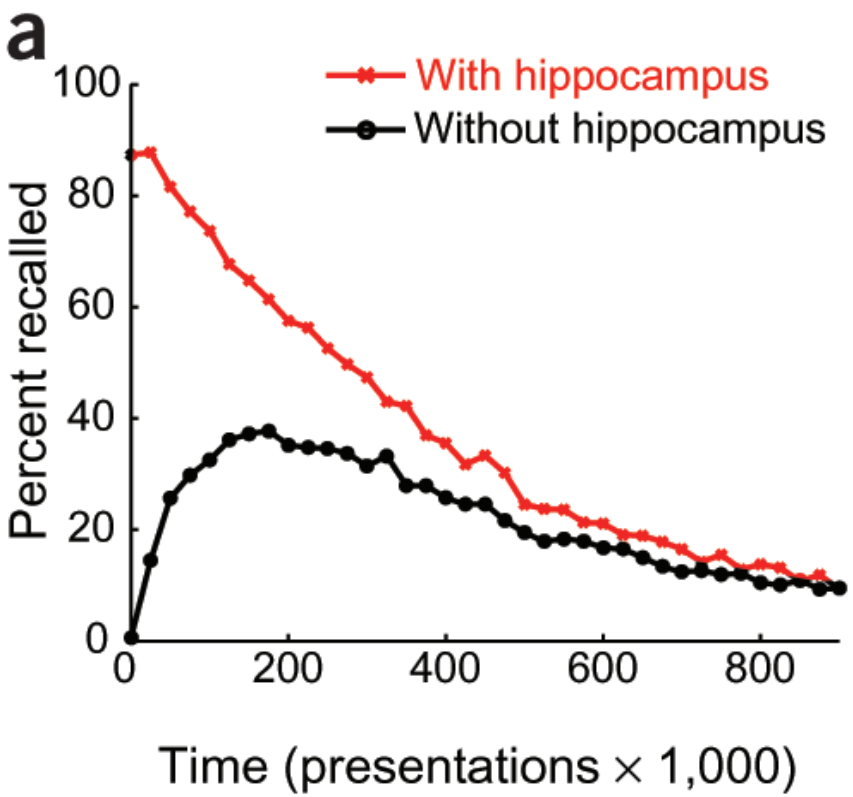
Replay Auswahl zufälliger Muster aus dem HC und Reaktivierung der entsprechenden Muster im MTNC

Konsolidierung Wechsel zwischen Lernen und Replay

Durchführung



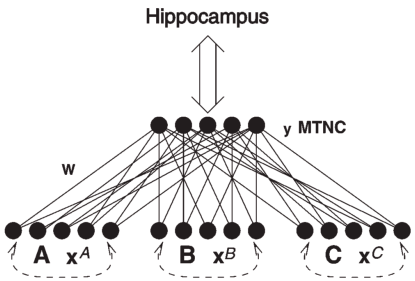
Ergebnisse


a
With hippocampus
Without hippocampus
Percent recalled
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
Time (presentations × 1,000)

Versuch 2

Semantisches Gedächtnis

Aufbau

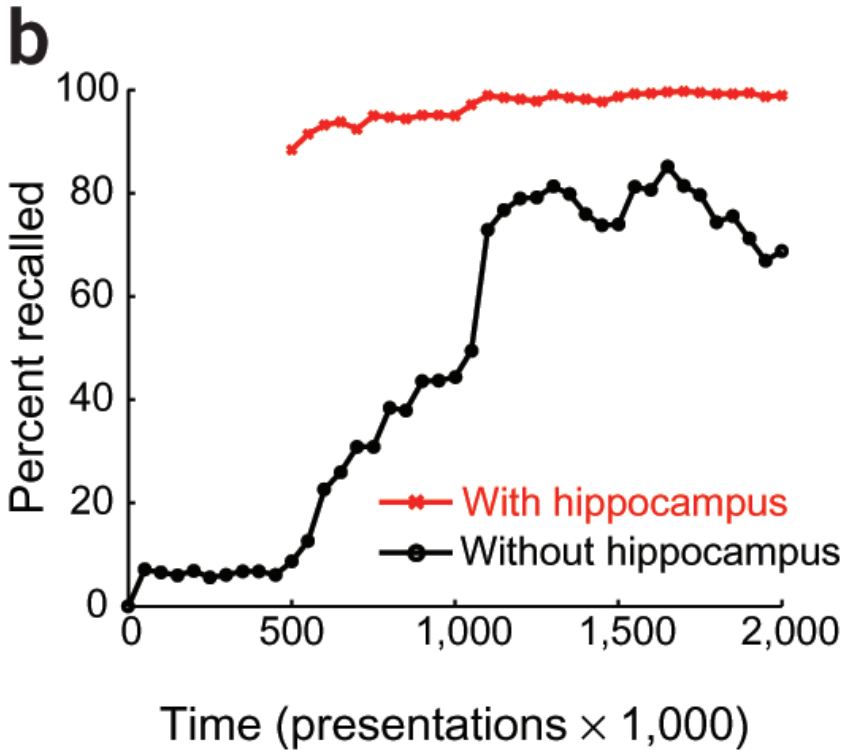


- Muster aus 4 Domains
- Domain 1,3,4 enthalten je 1000 gleich verteilte Muster mit je 10 Mustern aus A B C
- zweite Domain enthält 100 strukturierte Muster (A-C-Assoziation) $\Rightarrow$ Semantische Information

Durchführung

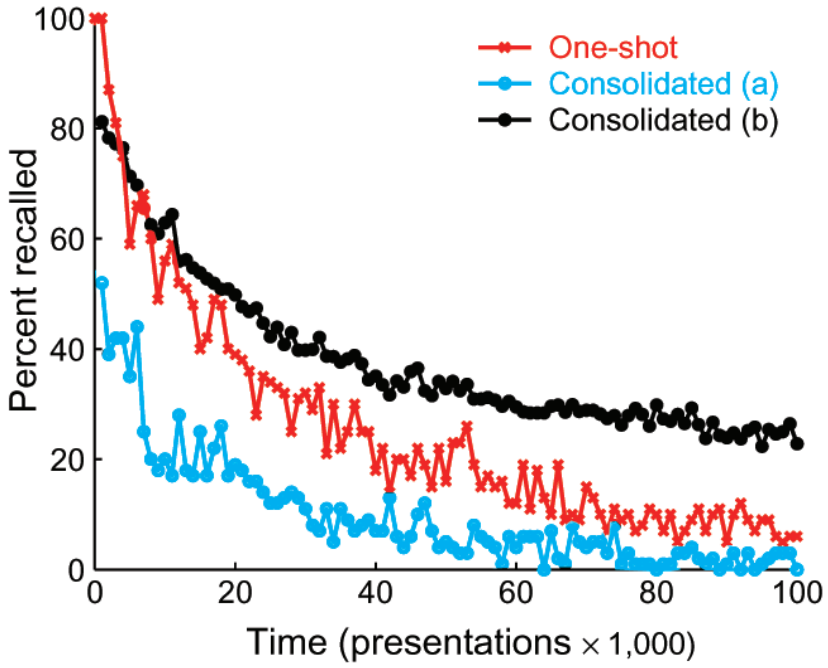
- 4 Phasen getrennt durch 500.000 Muster zwischen Lernen und Recall (Wiederaufrufen)
  - 1. Muster aus D1 und D2 werden für semantisches Training verwenden
  - 2. Wiederholung der Muster
  - 3/4. Muster aus D3 und D4 werden analog dazu angelernt

Ergebnis (1)



- nach 1. Phase Anlernen von 10 episodischen Mustern aus D1 (mit HC)
- Test mit und ohne HC
- ⇒ epis. Erinnerungen auch im NC (90:10)

Ergebnis (2)



- diese Konsolidierung führt nicht automatisch zu langzeitstabilen Episoden
- Recall-Wahrscheinlichkeit fällt rapide für Episoden aus dem NC ohne HC
- Echte Konsolidierung von Episoden wird durch die Interferenz mit semantischen Erinnerungen bzw. die neocortikale Plastizität verhindert

Versuch 3

Index-Aufrechterhaltung

Was bisher geschah

- Hippocampus beeinflusst das episodische Gedächtnis stark
- Aber auch der Neocortex hat einen Einfluss auf das Abrufen von Episoden
- sehr optimistisches Verhältnis von Lernen und Replay

Probleme

- Änderung der semantischen Information ⇒ Änderung der Interpretation vergangener Episoden
- Recall-Wahrscheinlichkeit sinkt

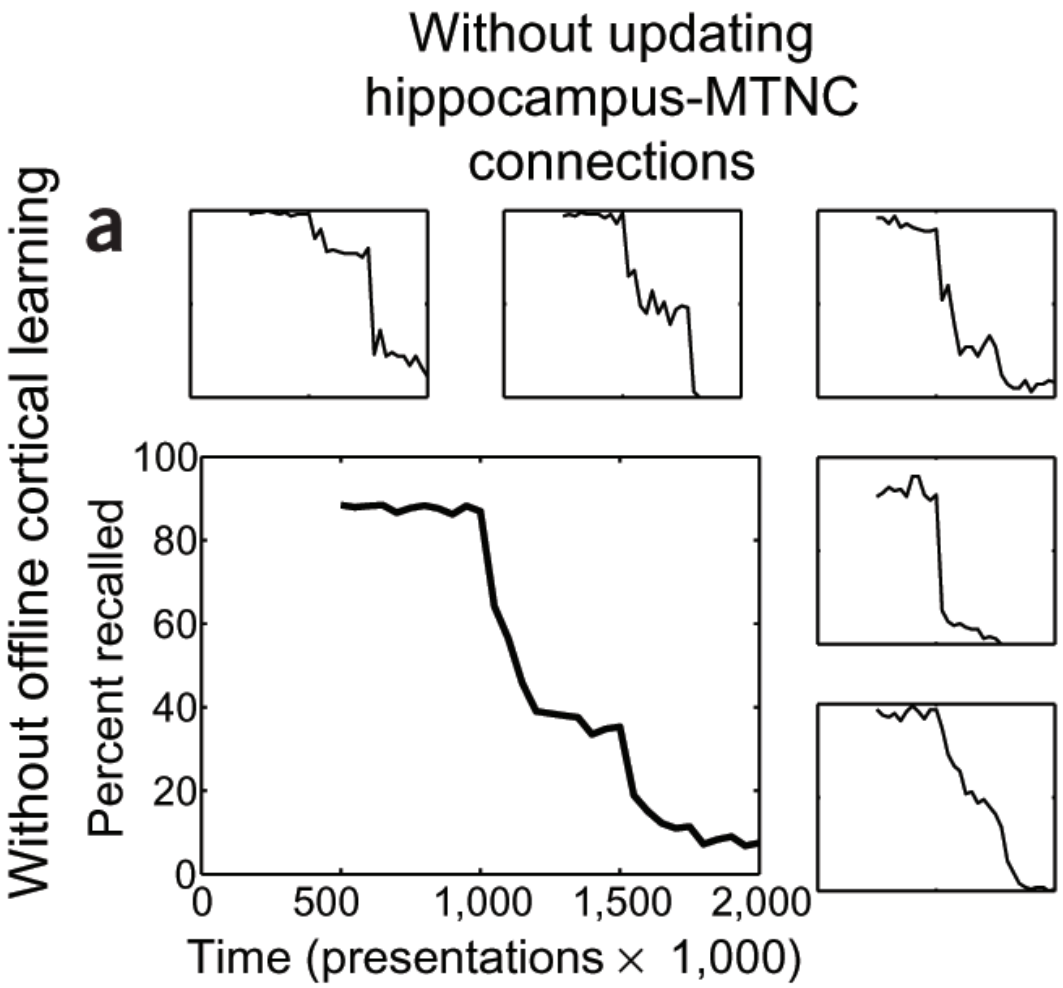
Ziel des Versuches

- Untersuchung der Wirkung des neocorticalen Lernens auf die Wiederherstellung bereits gespeicherter Episoden

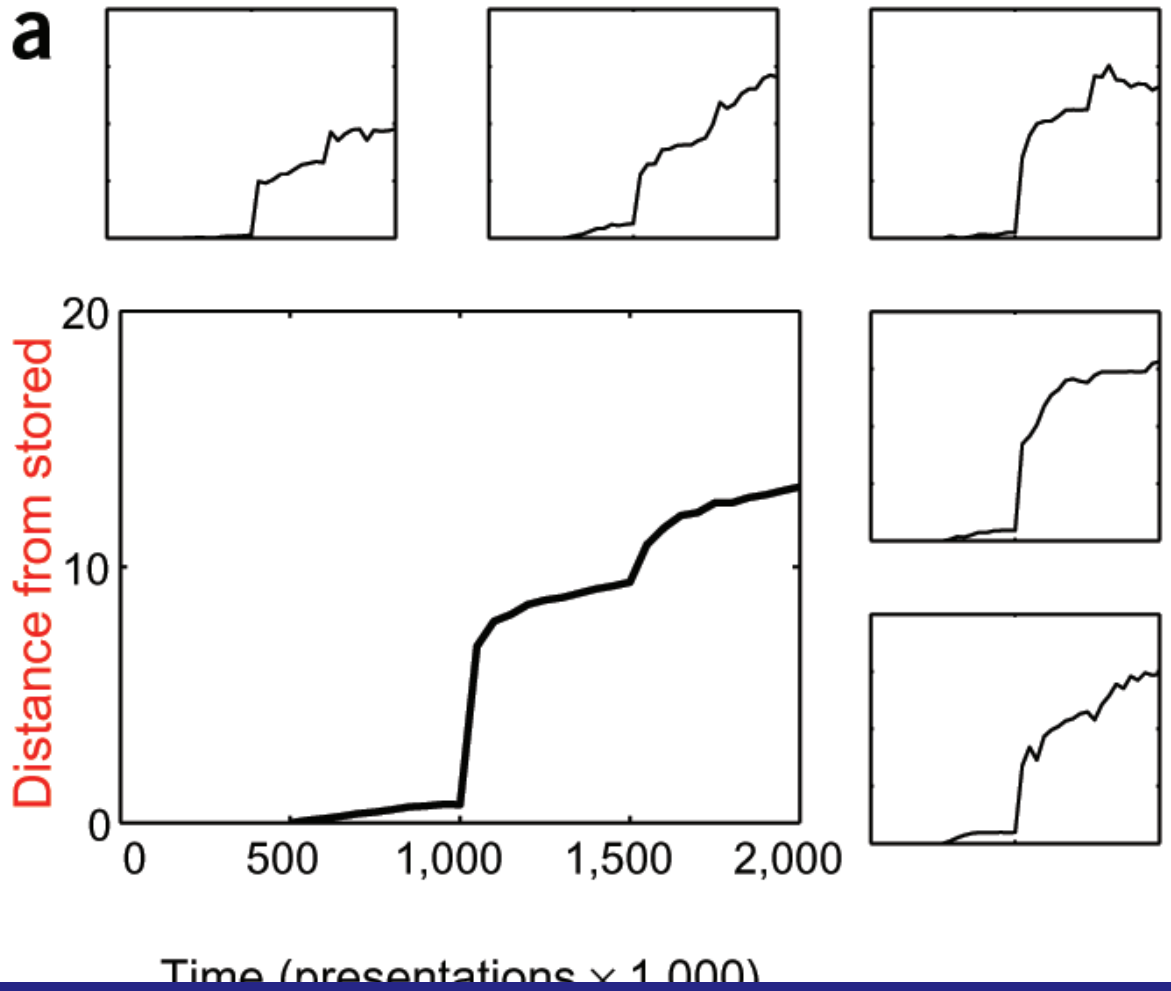
Versuchsaufbau

siehe Tafel $\Rightarrow$

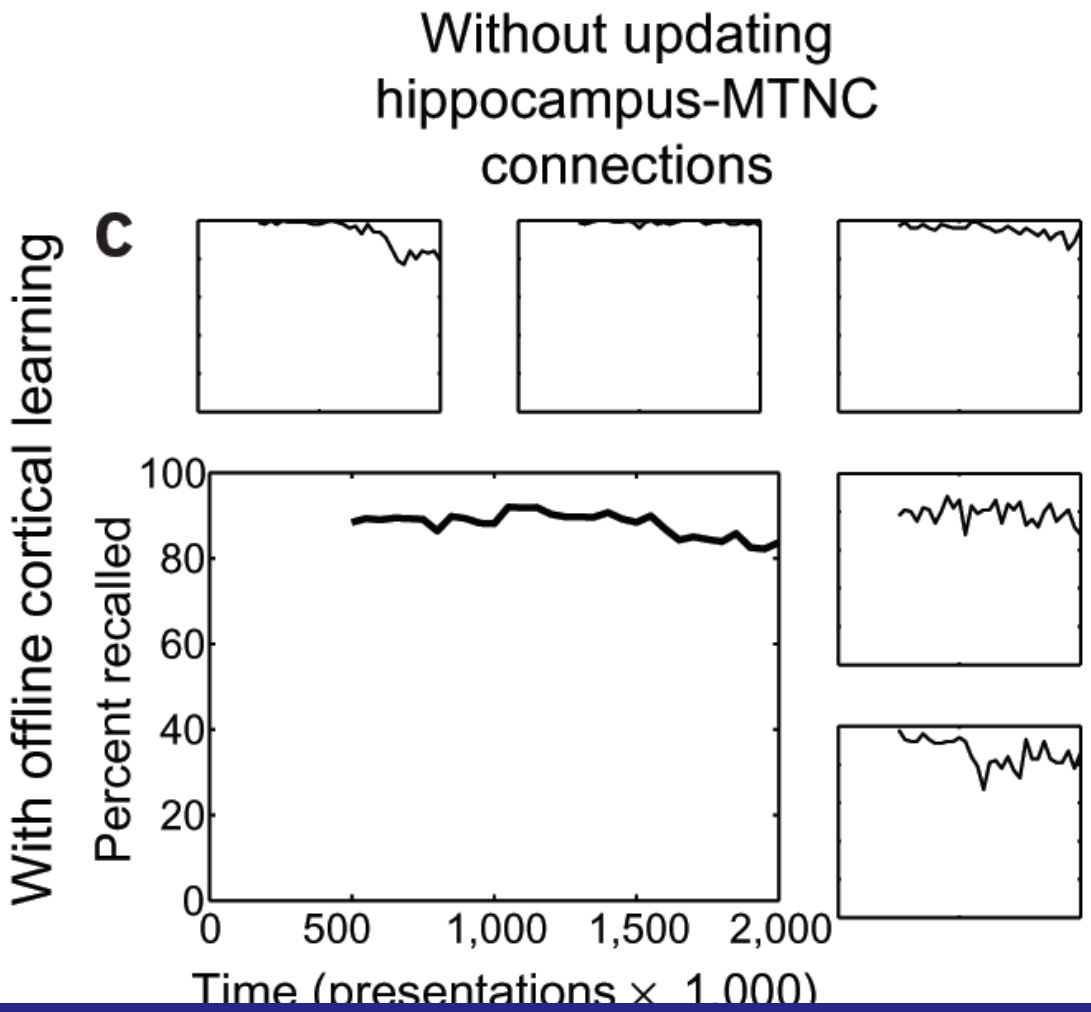
Versuchsdurchführung



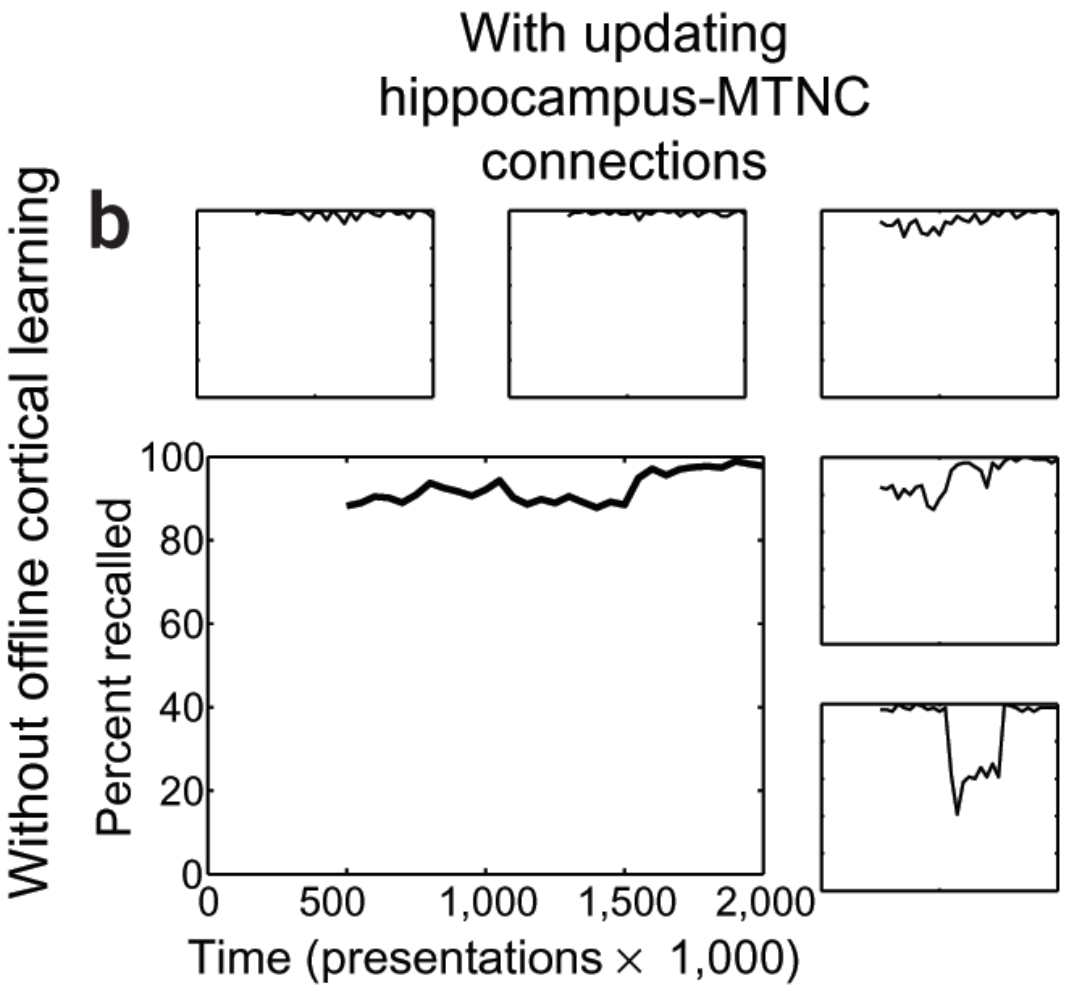
Versuchsdurchführung



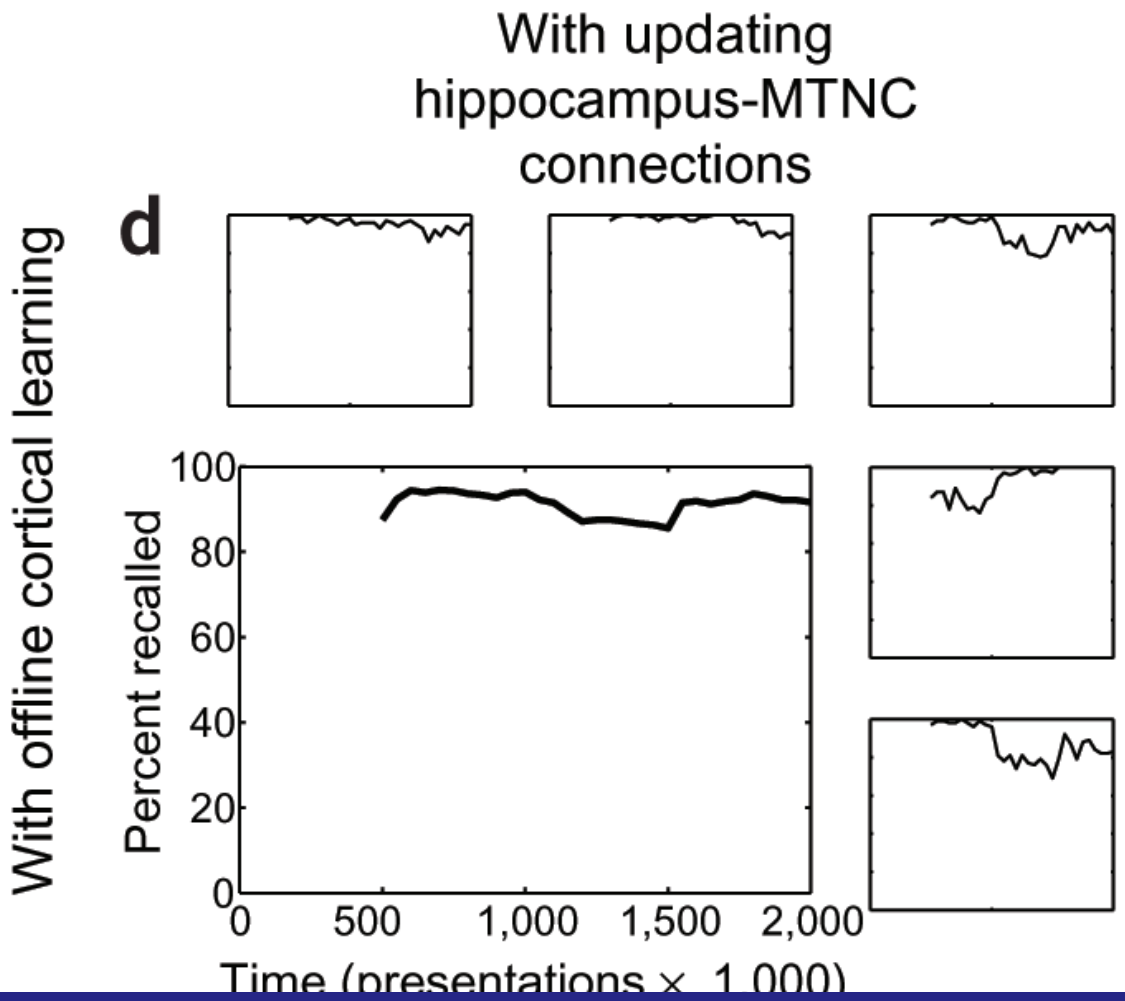
Versuchsdurchführung



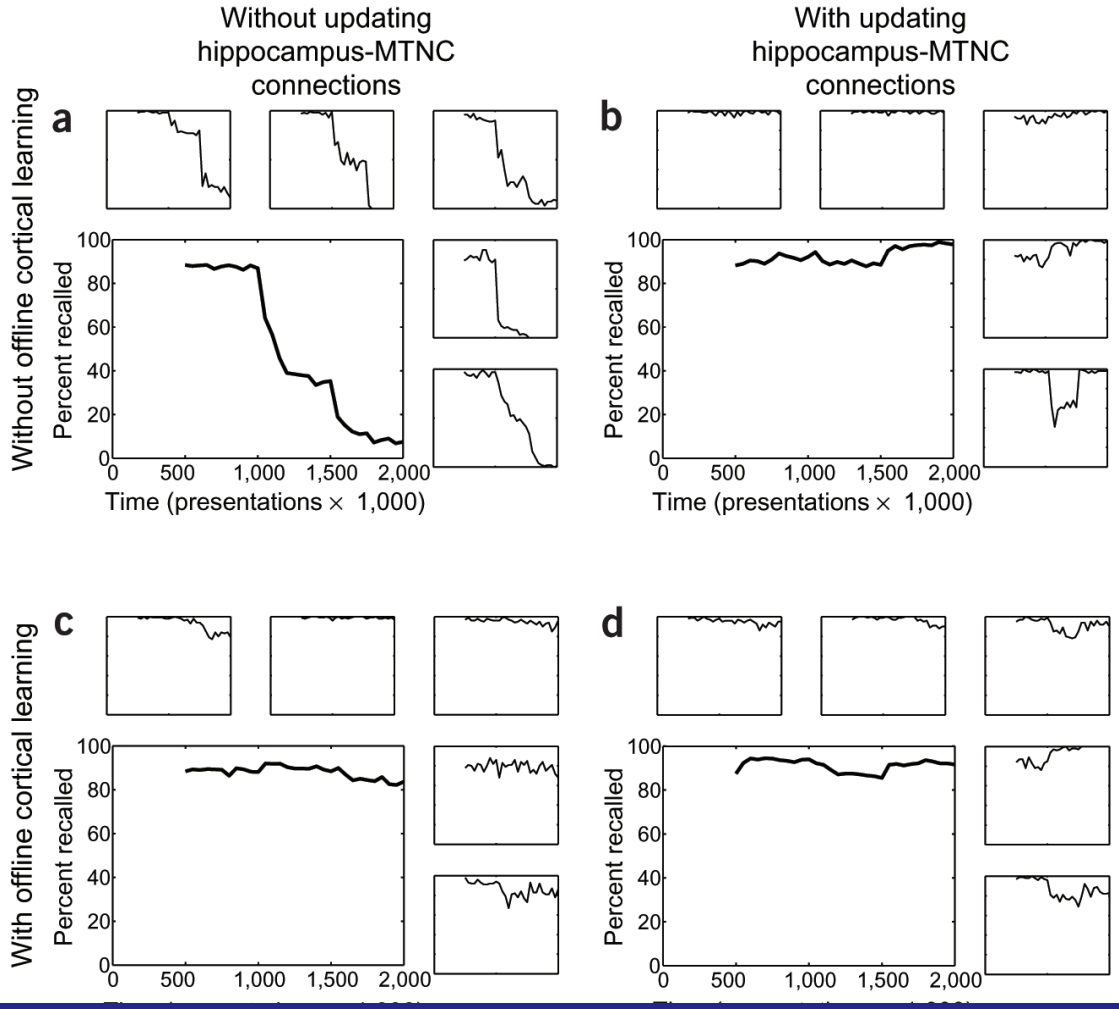
Versuchsdurchführung



Versuchsdurchführung



Versuchsdurchführung



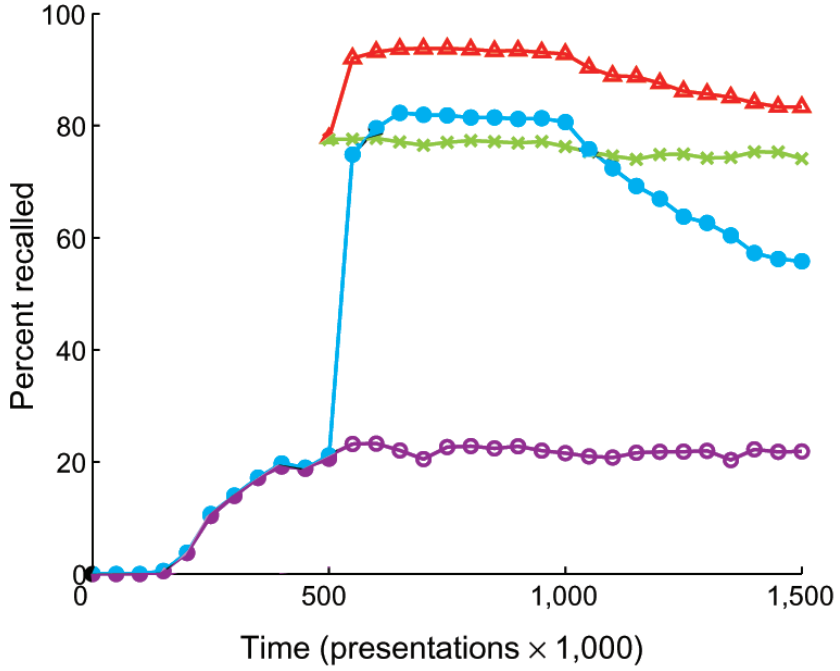
Versuch 4

Abfrage und Konsolidierung von semantischen Informationen

Idee

- Debatte ob semantisches Gedächtnis auch von HC abhängt
- $\longrightarrow$ Beleg durch reale Amnesiepatienten
- Theorien
  1. Semantischer Recall wird durch episodische Beispiele des HC unterstützt
  2. Offline-Replay verstärkt das semantische Gedächtnis

Durchführung

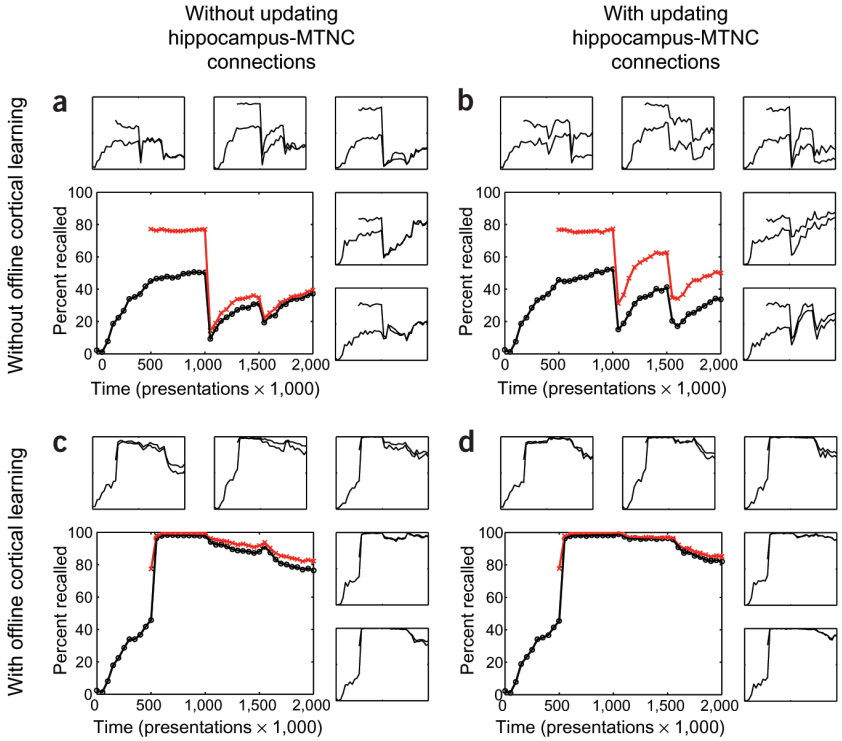


- Mustervervollständigung der Domain 2
- Trainiert mit 40 und 10 Mustern aus D1 und D2 ...
  - ... ohne HC (Lila)
  - ... mit HC-Replay (Blau)
  - ... mit HC-Recall (Grün)
  - ... Beides (Rot)

Ergebnis

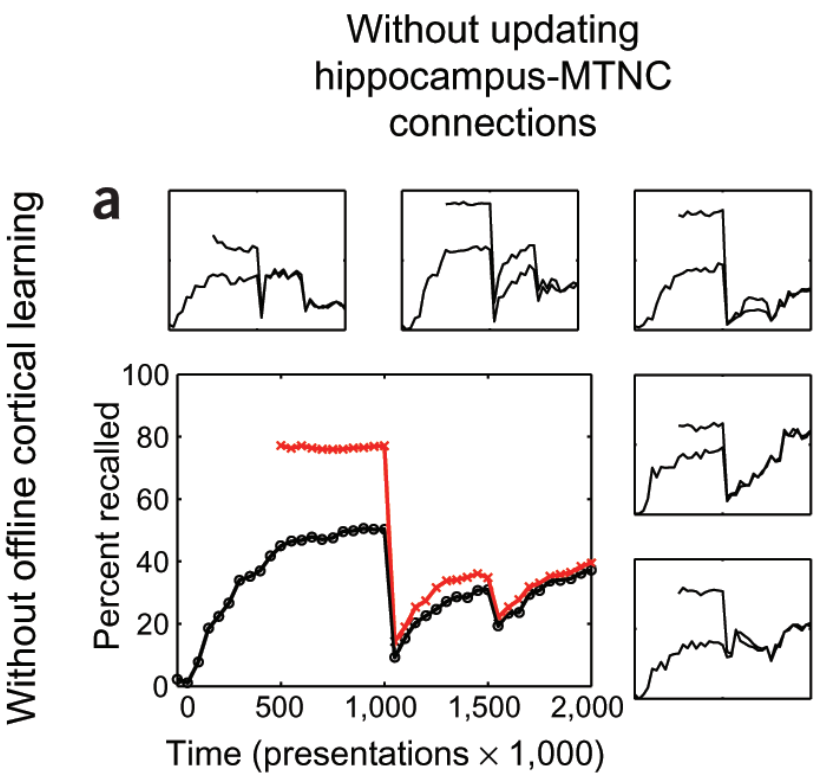
- Ohne HC sehr langsames Lernen
- Nie wirklich gute Ergebnisse ohne HC
- Episodische Beispiele zu laden, verbessert die Fähigkeit des semantischen Lernen ungemein. (Recall)
- Replay verbessert ebenfalls erheblich (selbst wenn dann im Test ab 1.000.000 deaktiviert)
- Einknicken nach Replay $\rightarrow$ Vermutung: Konkurrenz mit den „Hintergrund“-Pattern, da keine neuen Inputs

Weitere Test



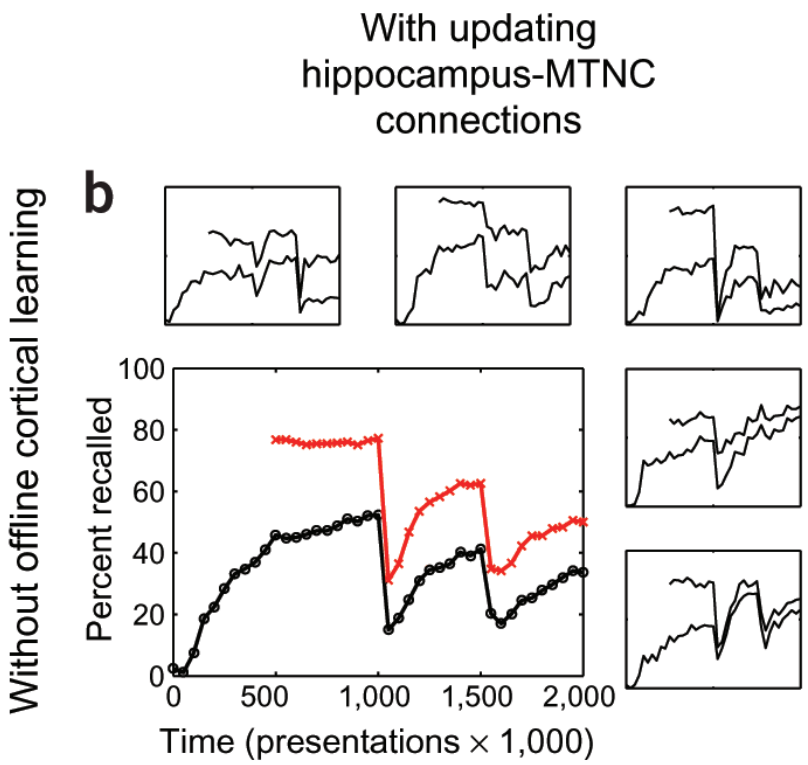
- Behalten von semantischen Informationen
- Analog zum Test der episodischen Erinnerungen mit der Informationsbasis aus V4
- $\rightarrow$ Replay hilft auch beim Behalten semantischen Informationen

Ergebnis - ohne Recall und Replay



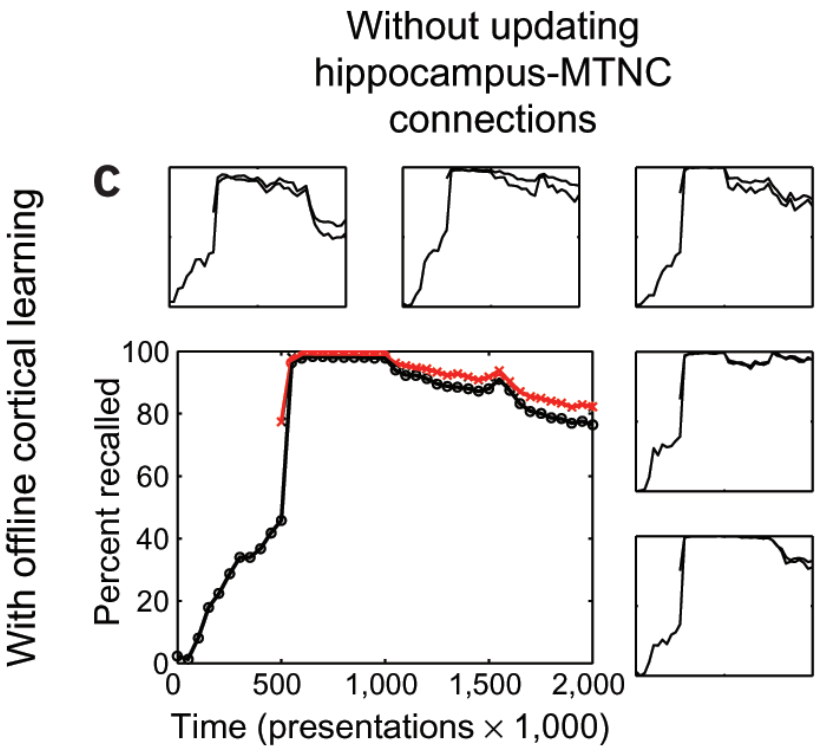
- ohne Replay bricht bei neuer semantischer Struktur die Erkennung zusammen

Ergebnis - mit Recall und ohne Replay



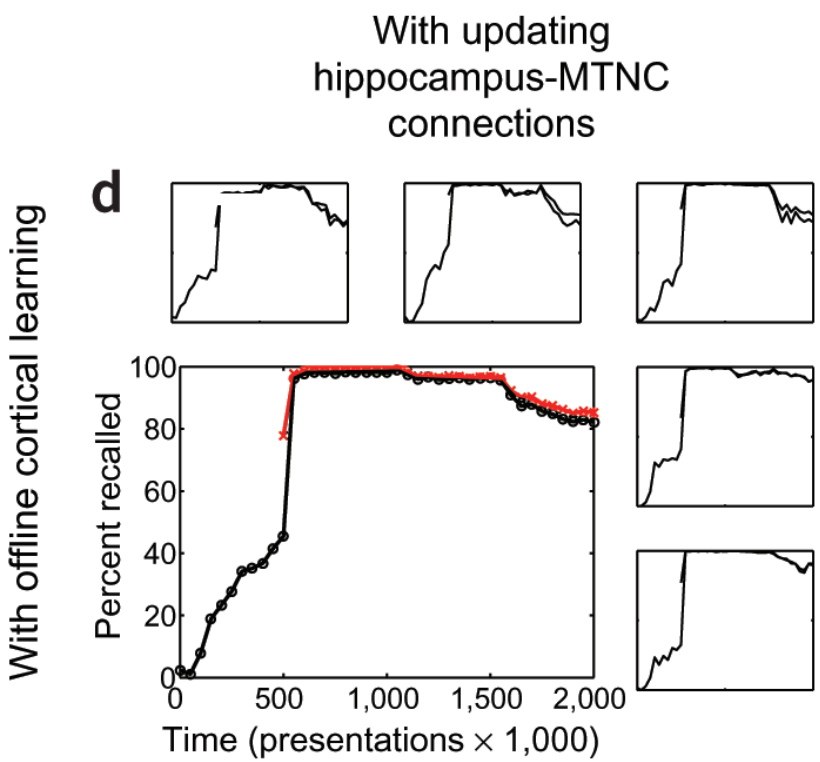
- ohne Replay bricht bei neuer semantischer Struktur die Erkennung zusammen
- schnellere Anpassung an neue Domains

Ergebnis - ohne Recall und mit Replay



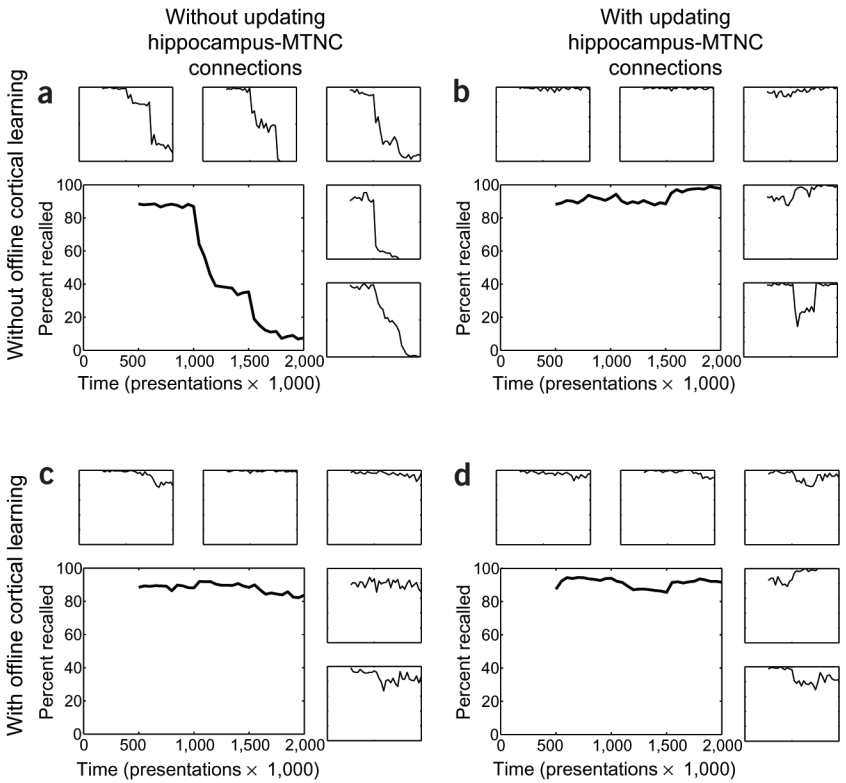
- erwartetes Ergebnis mit Replay

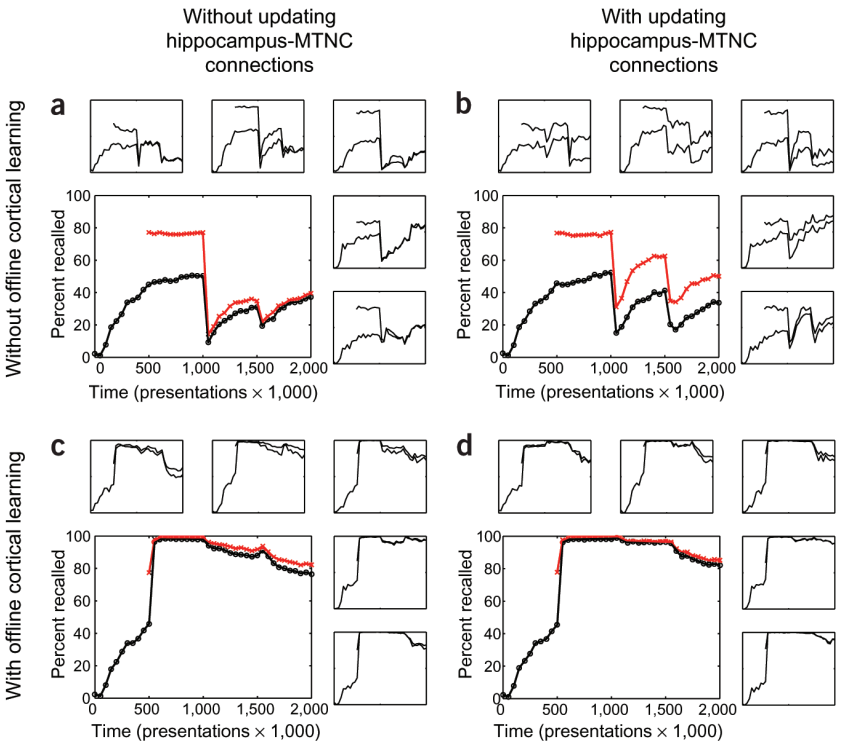
Ergebnis - mit Recall und mit Replay



- optimale Ergebnisse

Vergleich - Episodisch vs. Semantisch



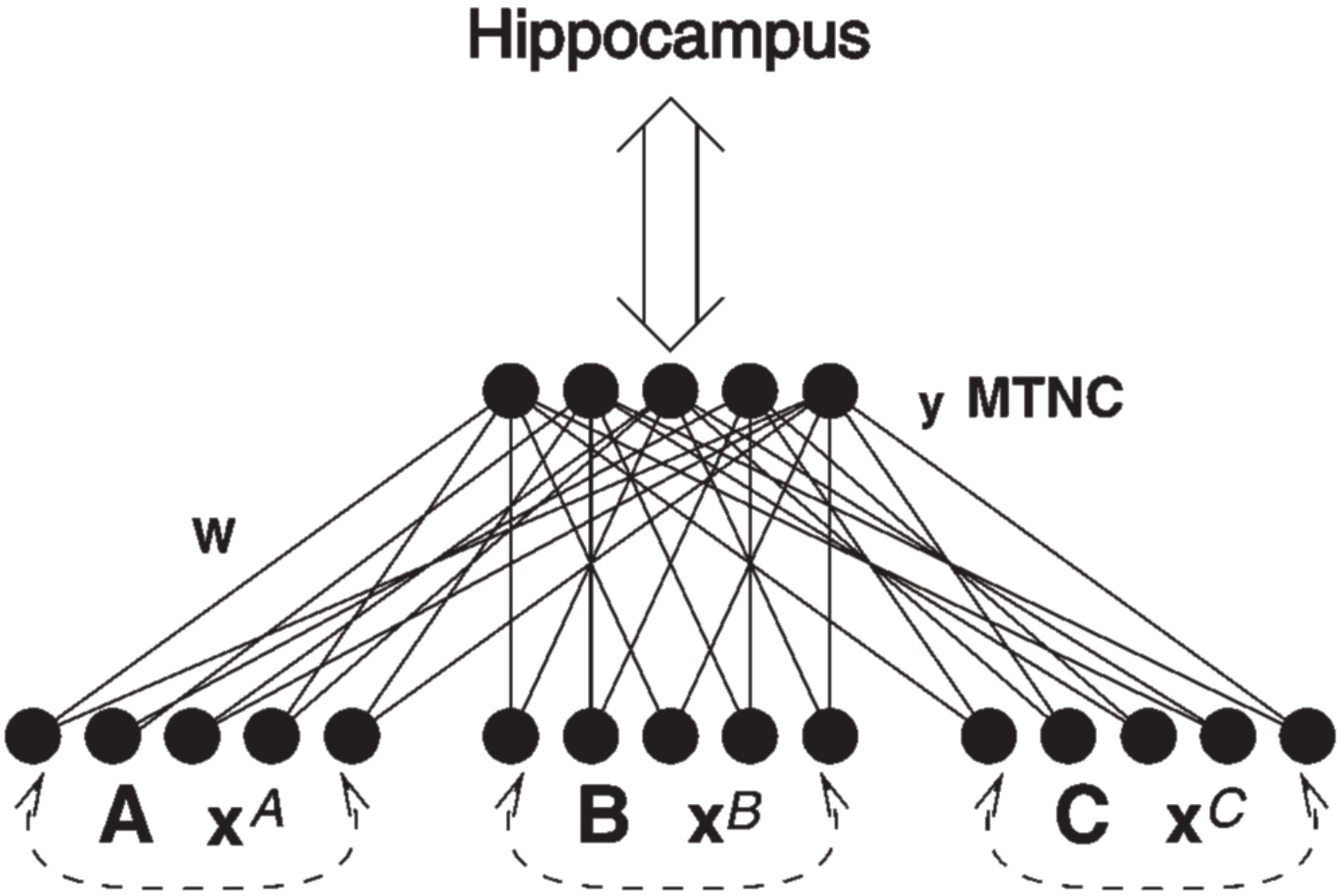


- Ungleichgewicht zw. Lernen und Wiederholen
- Es fehlen Experimente die Wirkung von HC-Schäden auf NC-Lernen dokumentieren
- Die Verwendung des HC für semantisches Lernen läuft ebenfalls konform mit diversen Studien

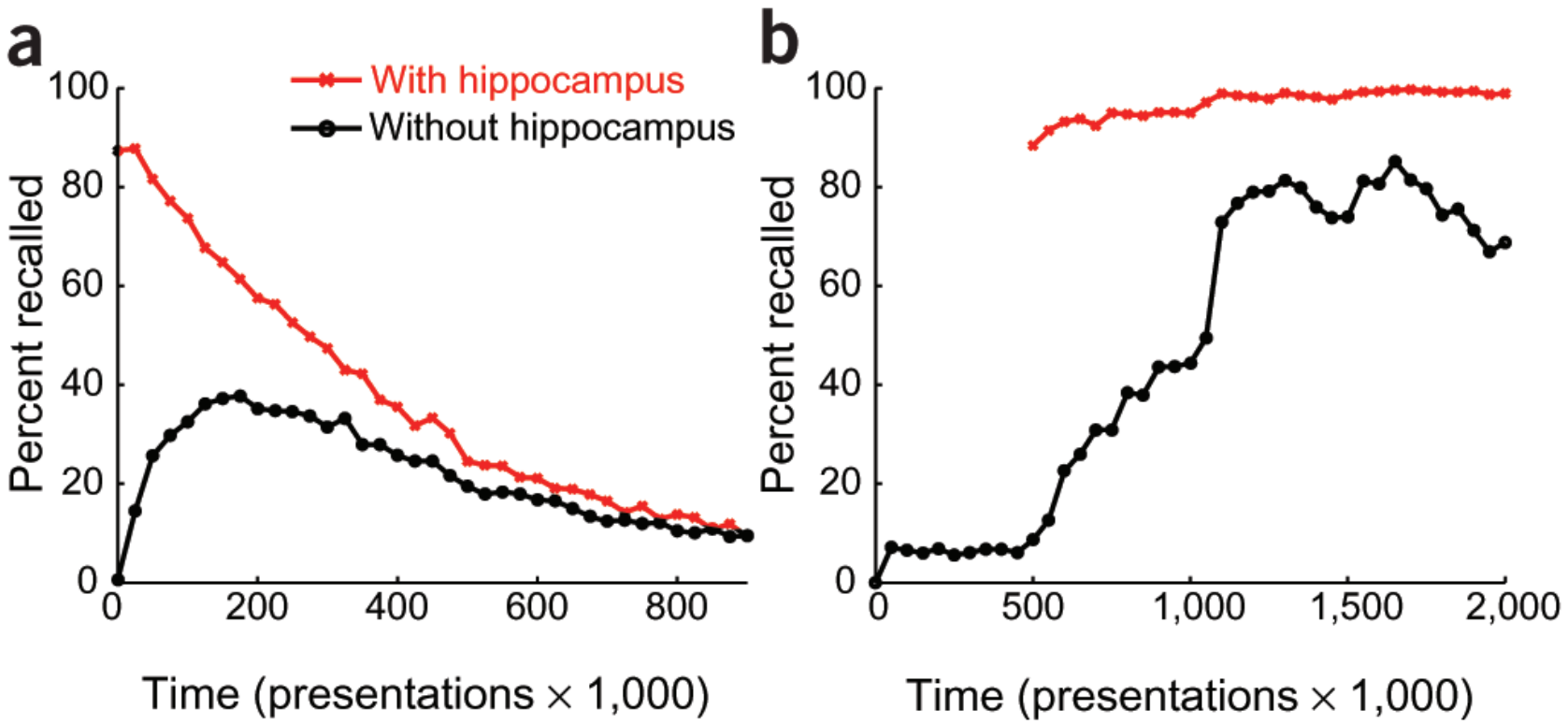
Quellen

Szabolcs Káli und Peter Dayan.
Off-line replay maintains declarative memories in a model of hippocampal-neocortical interations.
Nature Publishing Group,7:3:286-293, 2004

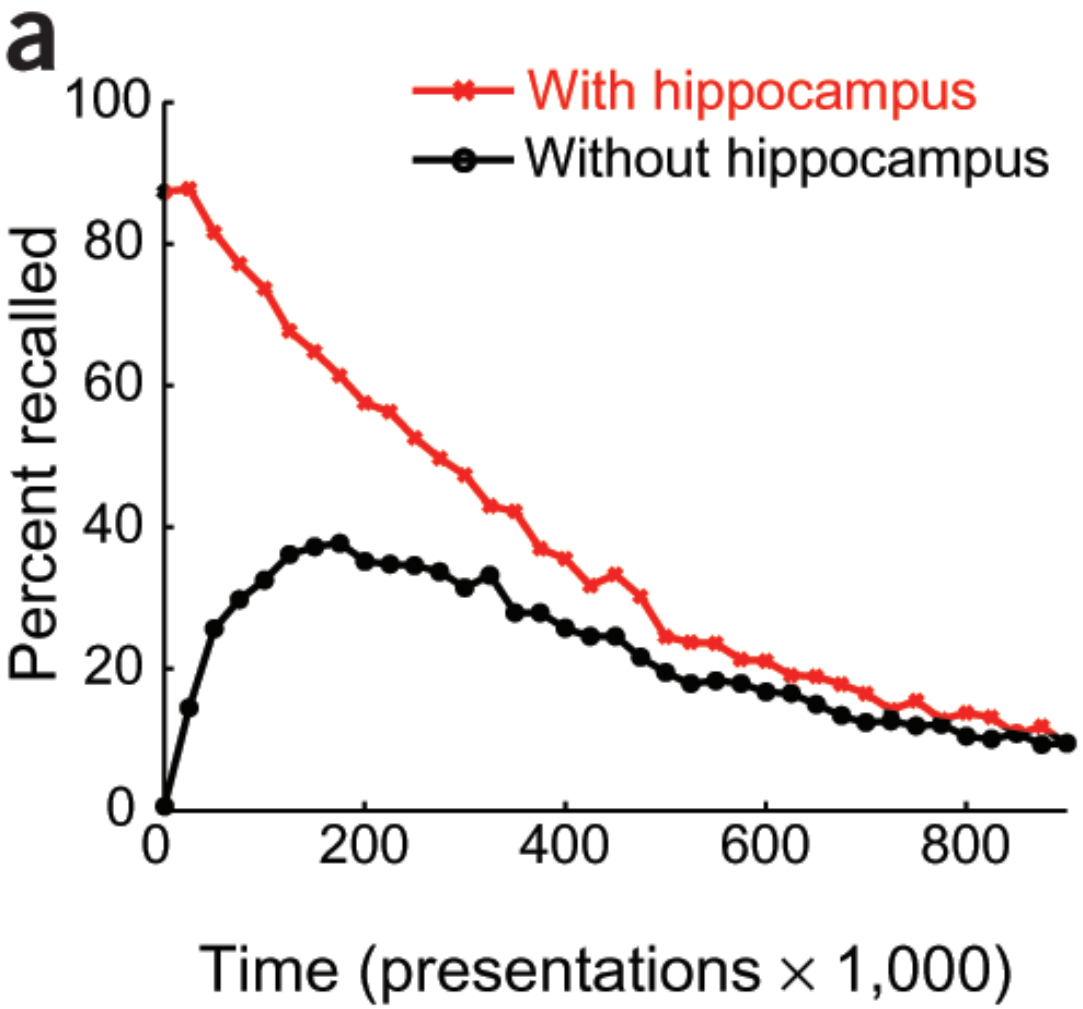
Abbildungen



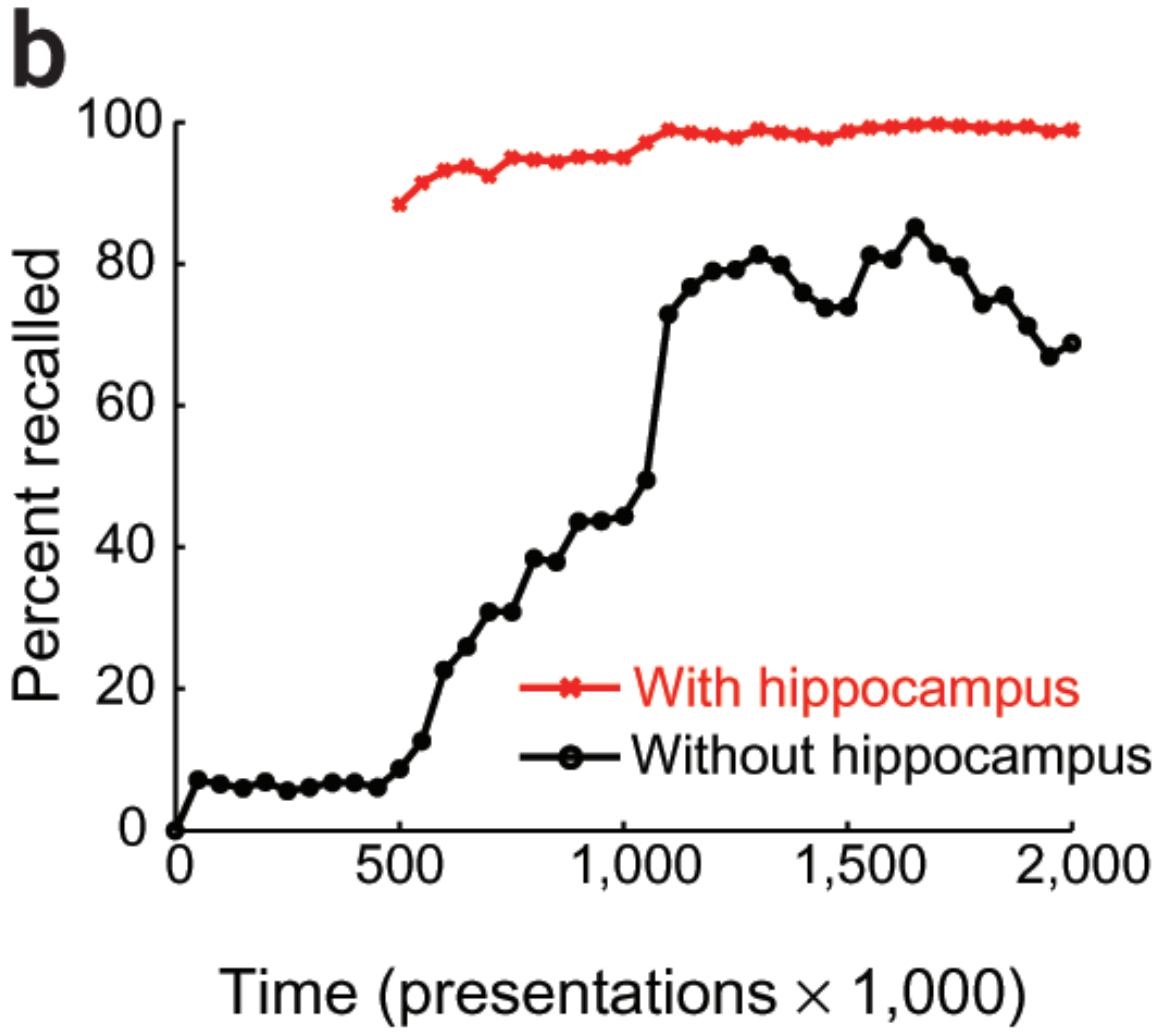
Abbildungen



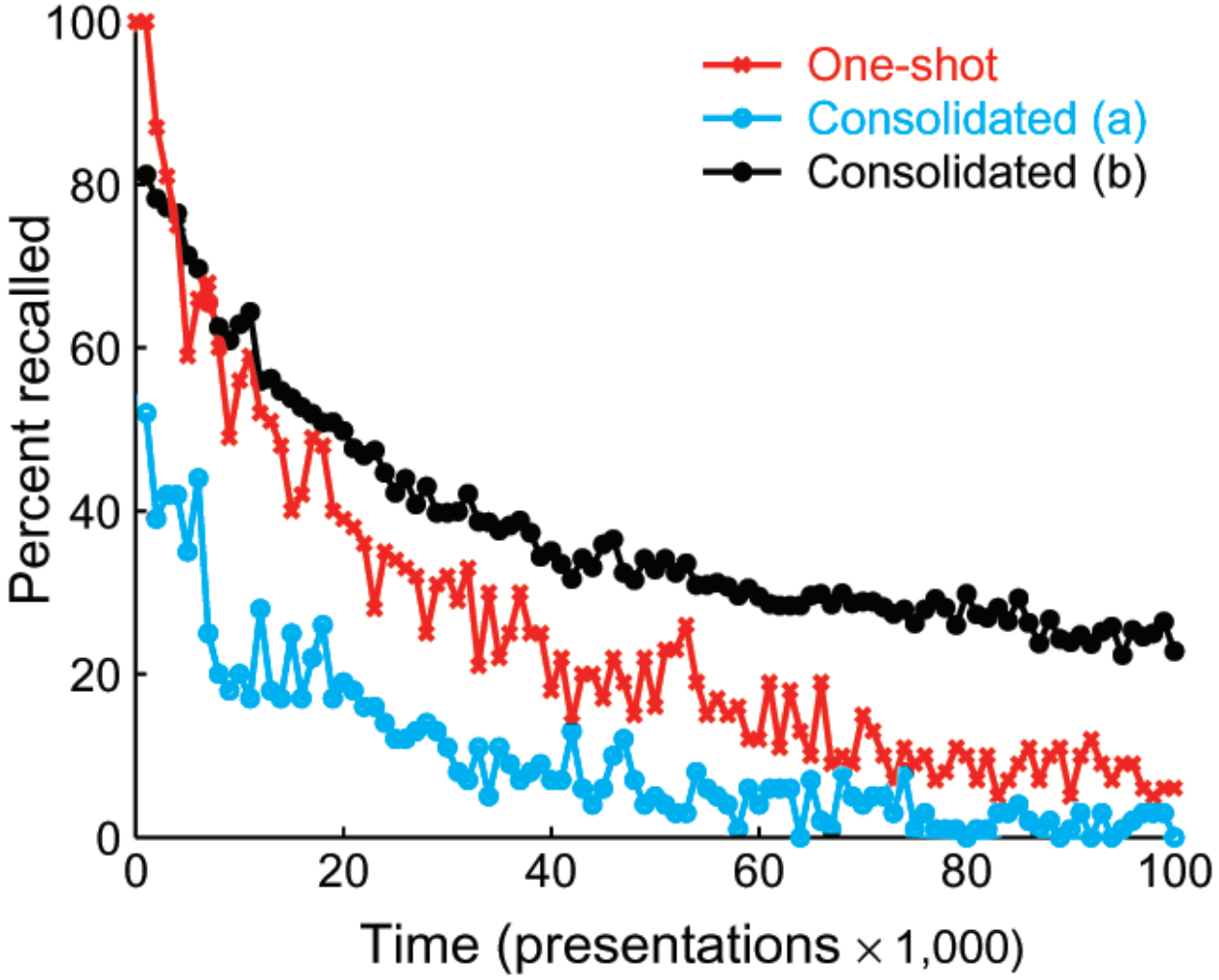
Abbildungen



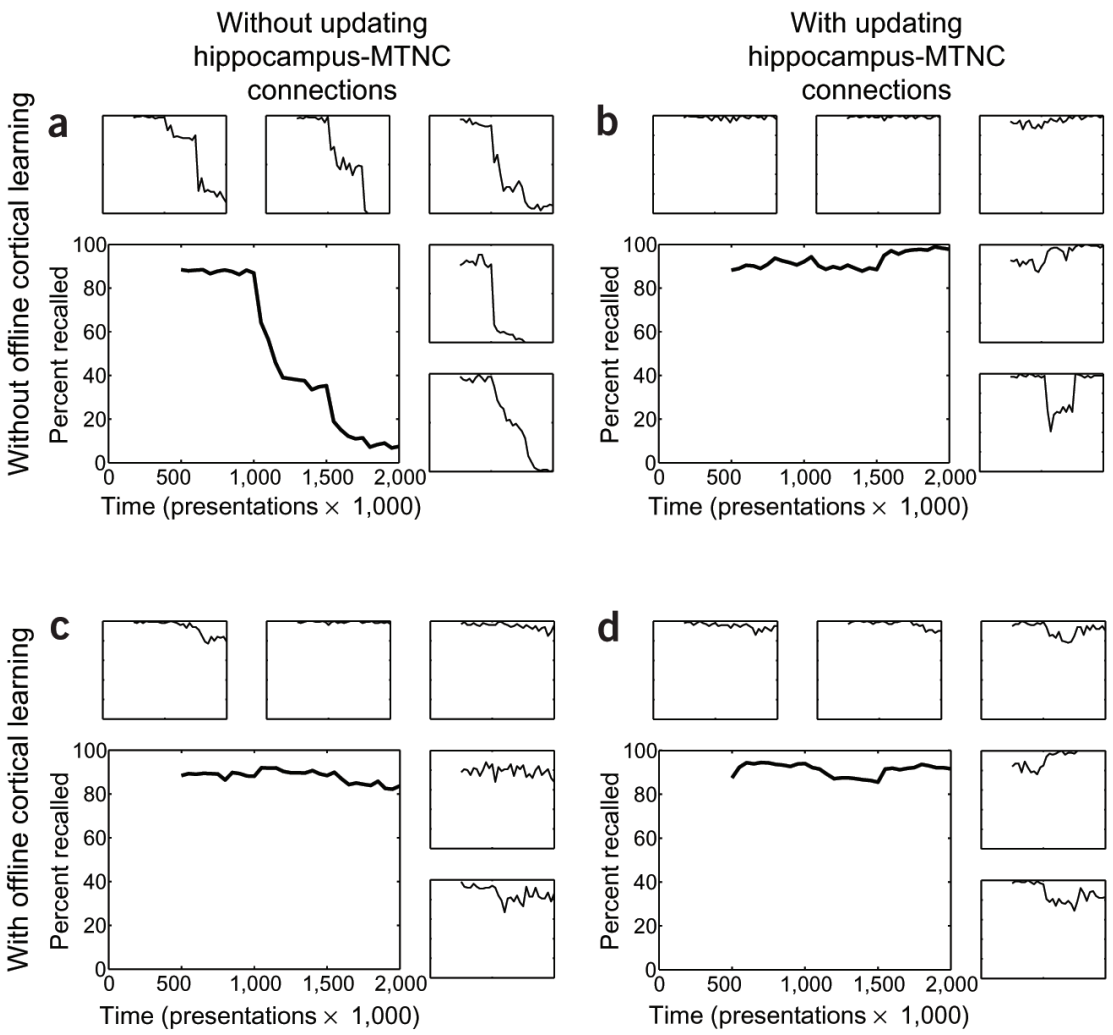
Abbildungen



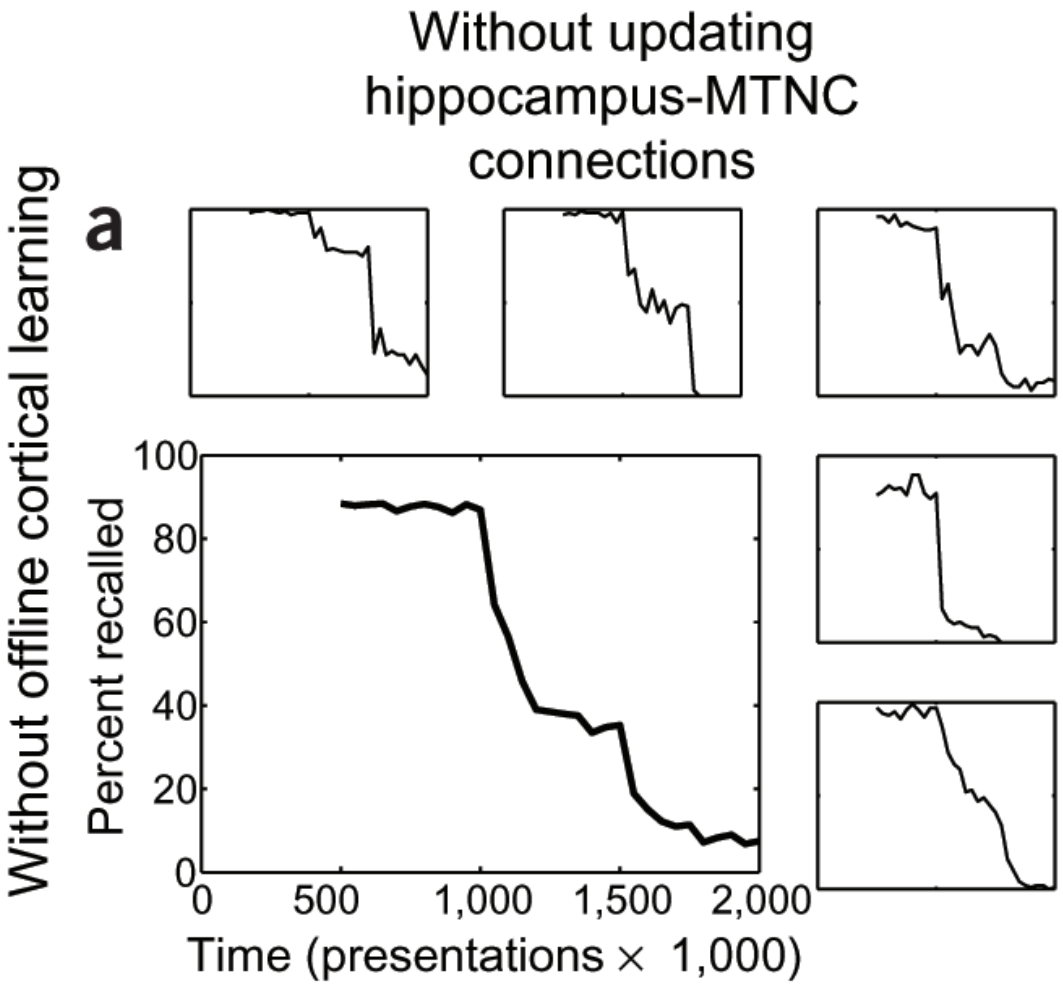
Abbildungen



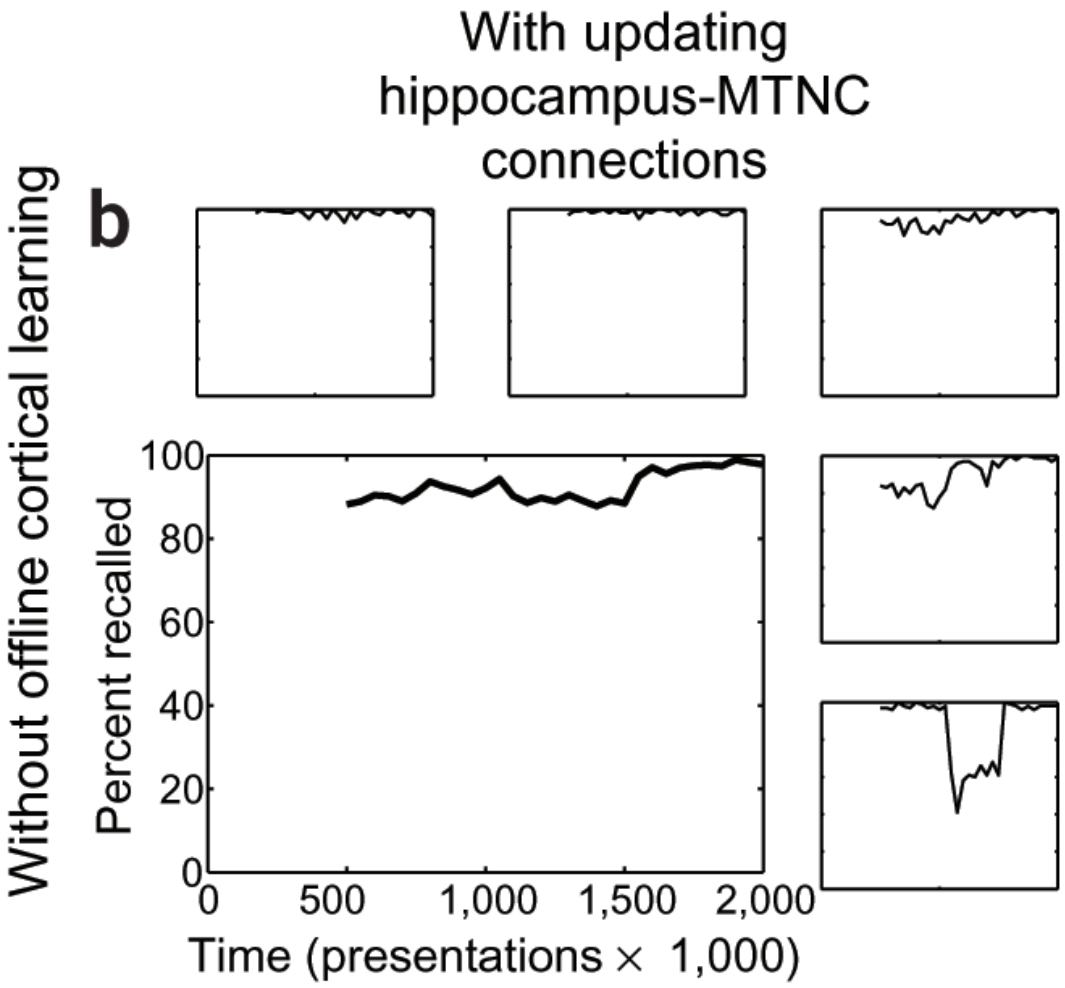
Abbildungen



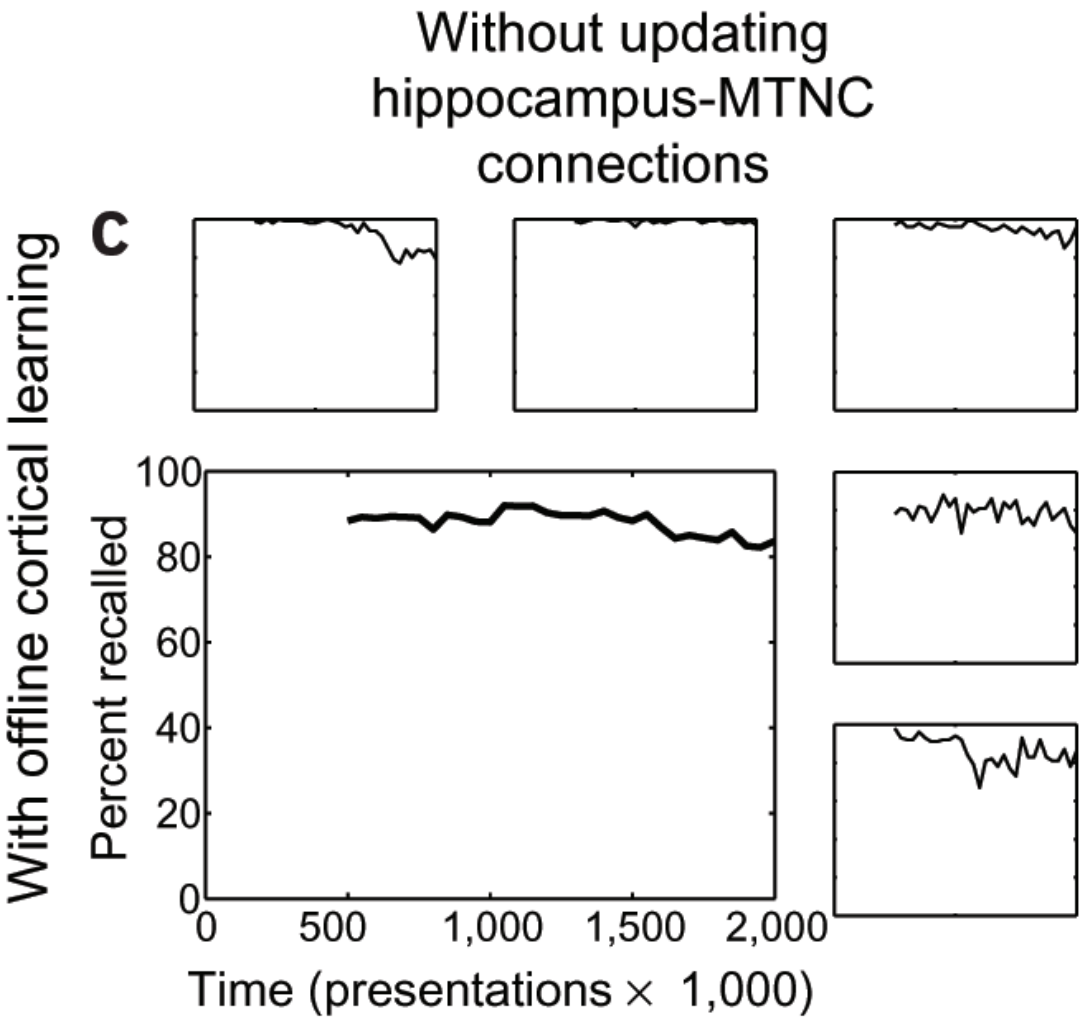
Abbildungen



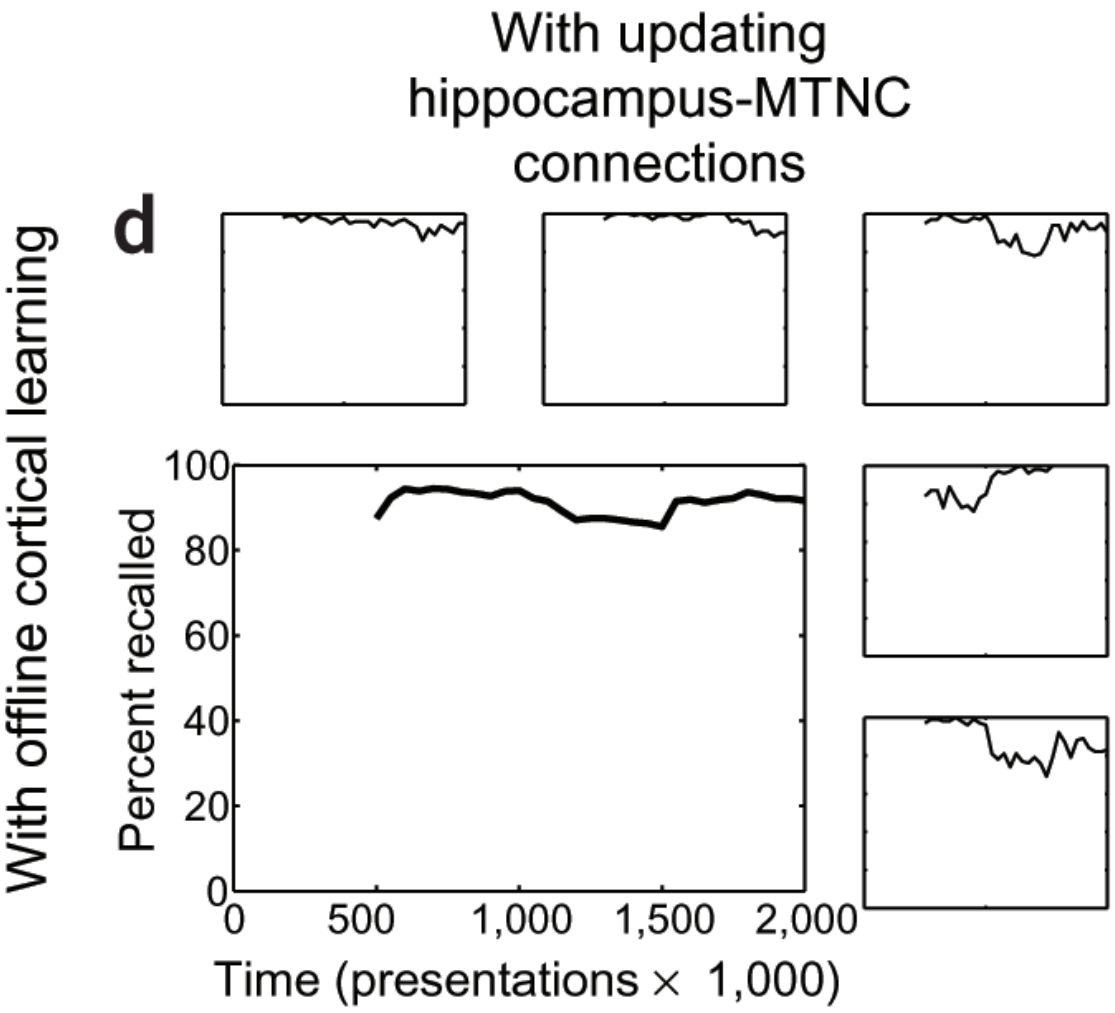
Abbildungen



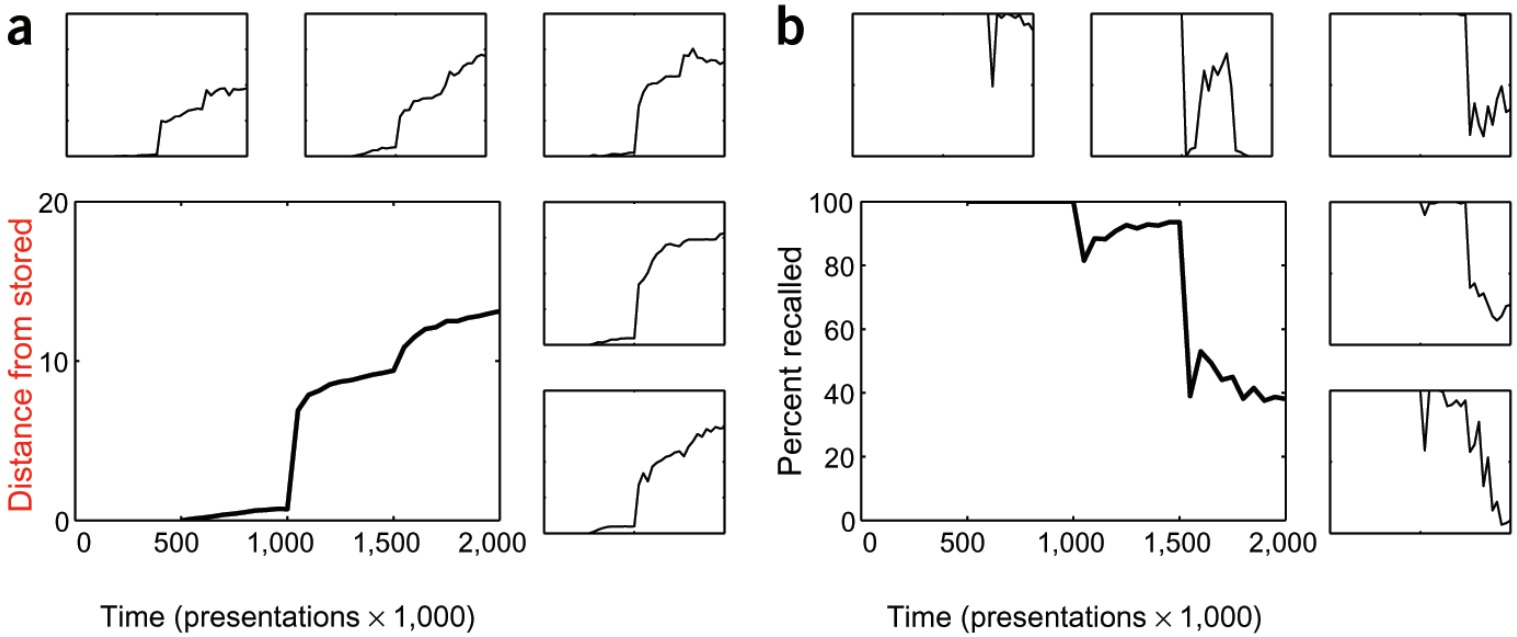
Abbildungen



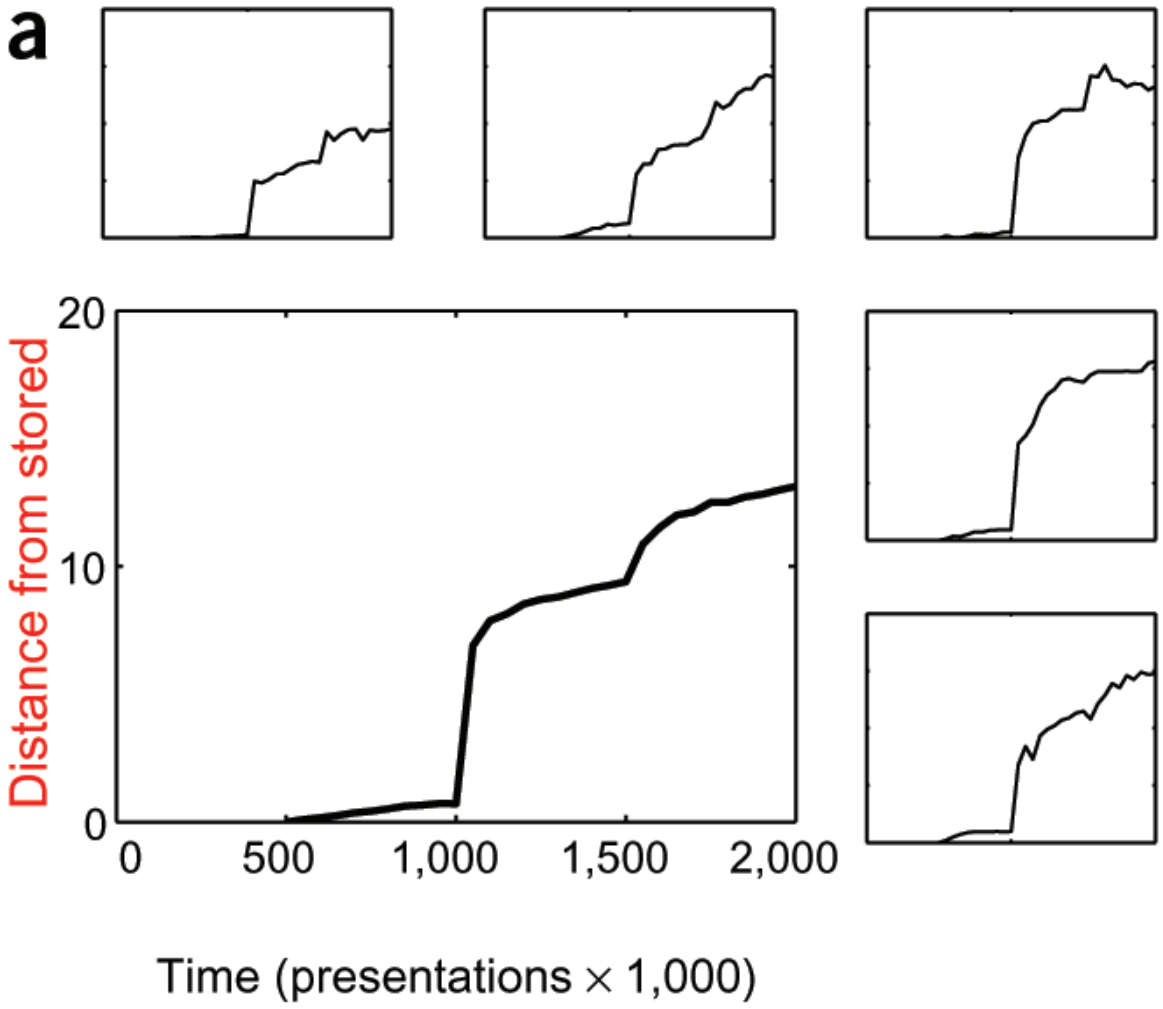
Abbildungen



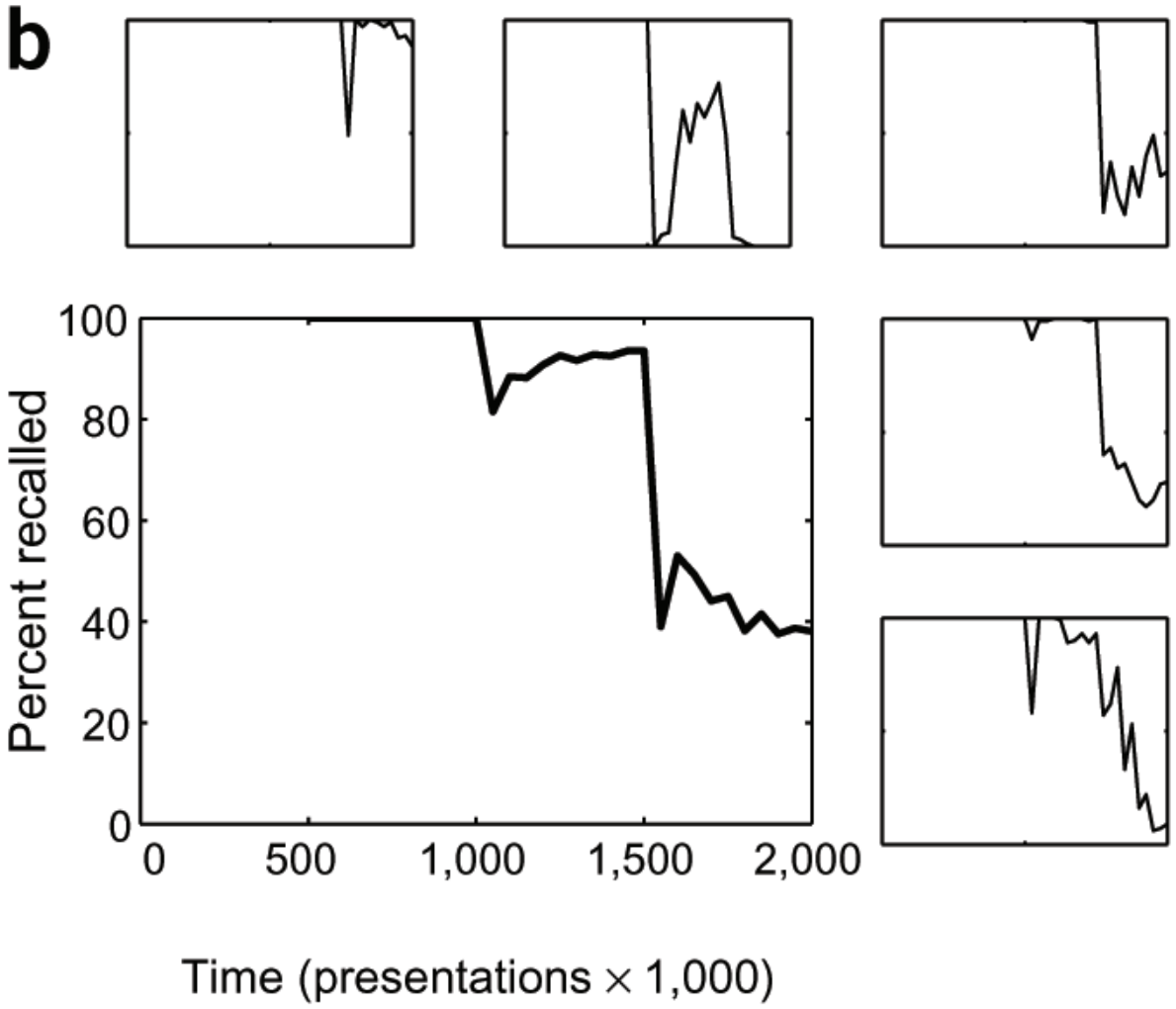
Abbildungen



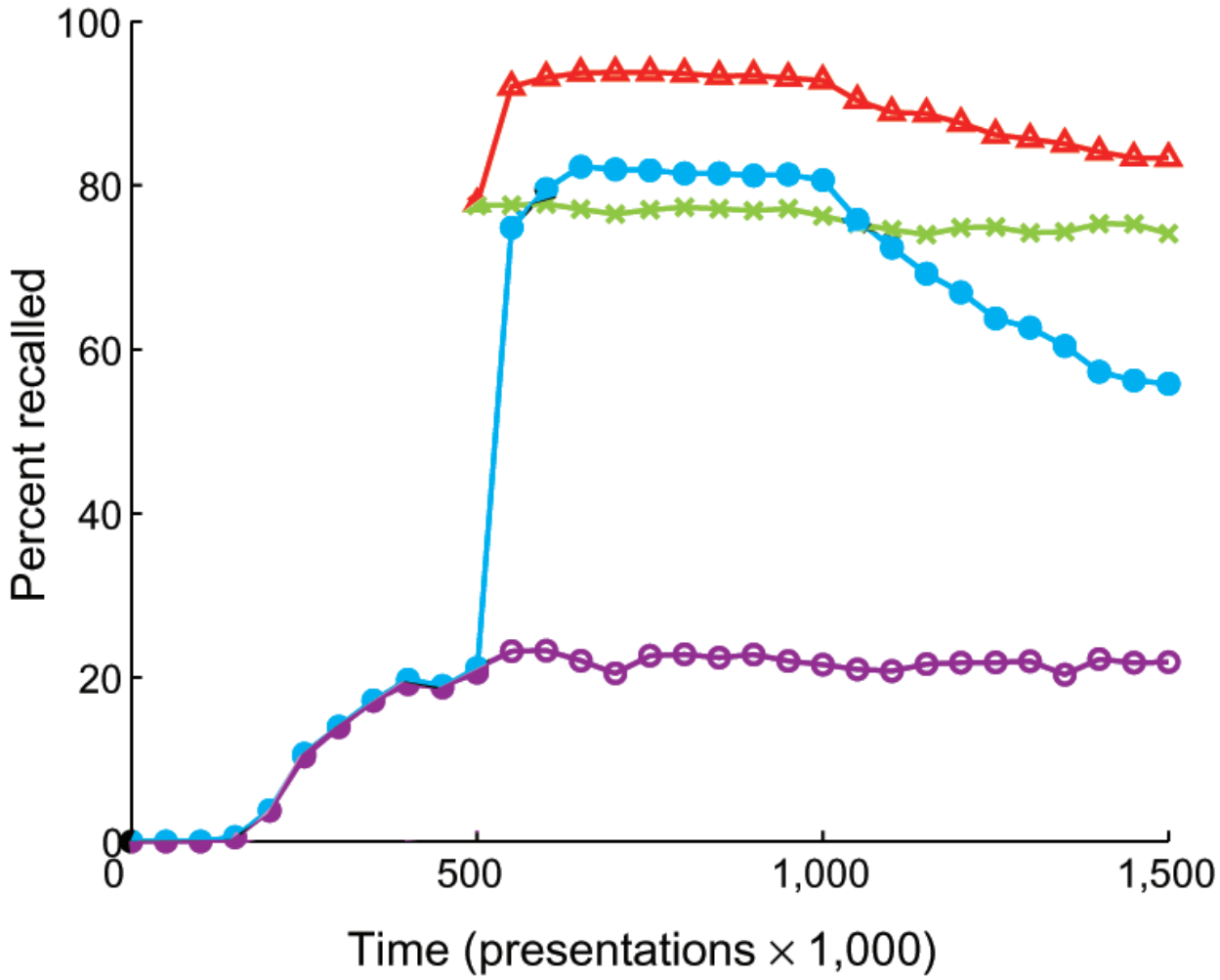
Abbildungen



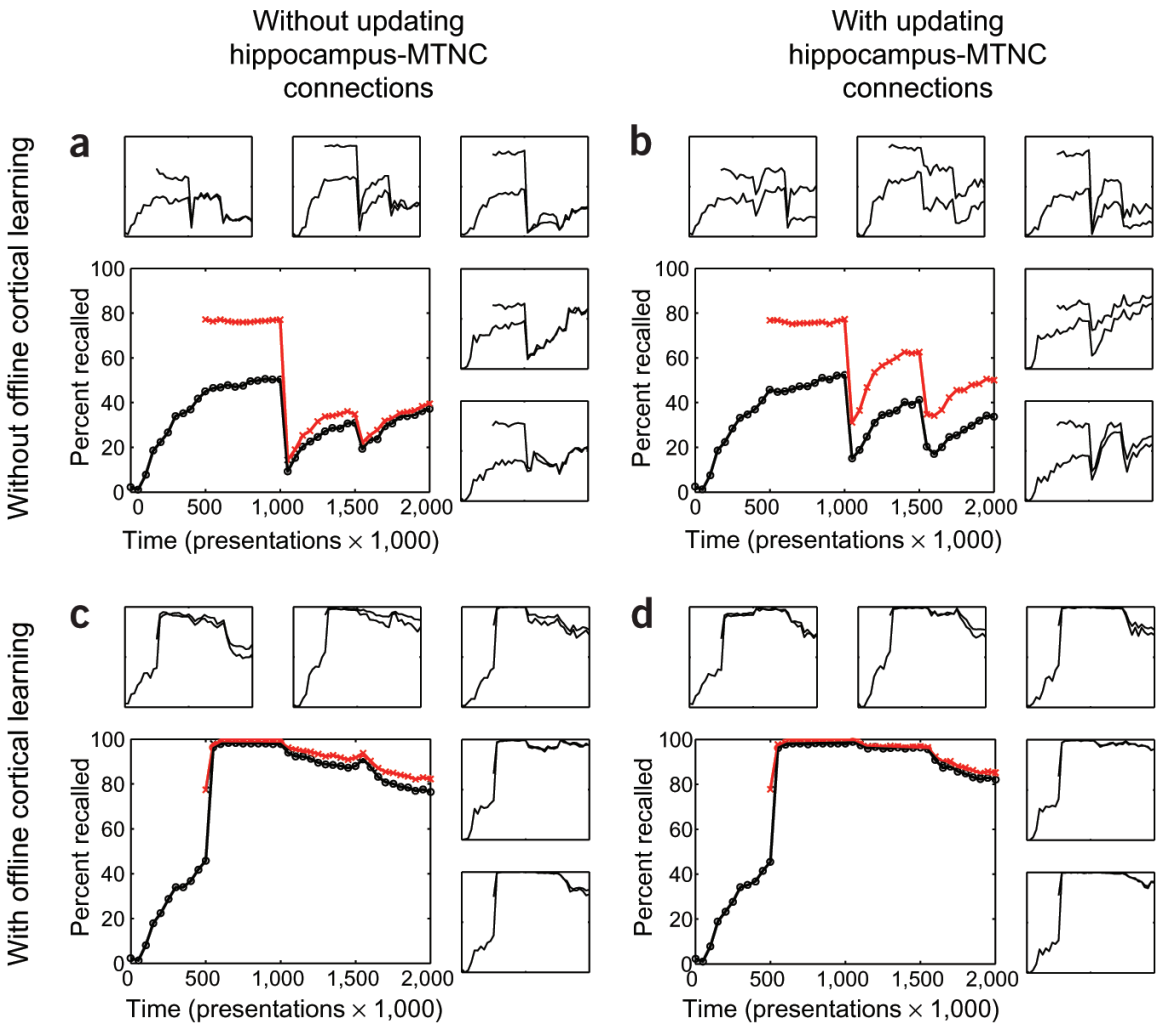
Abbildungen



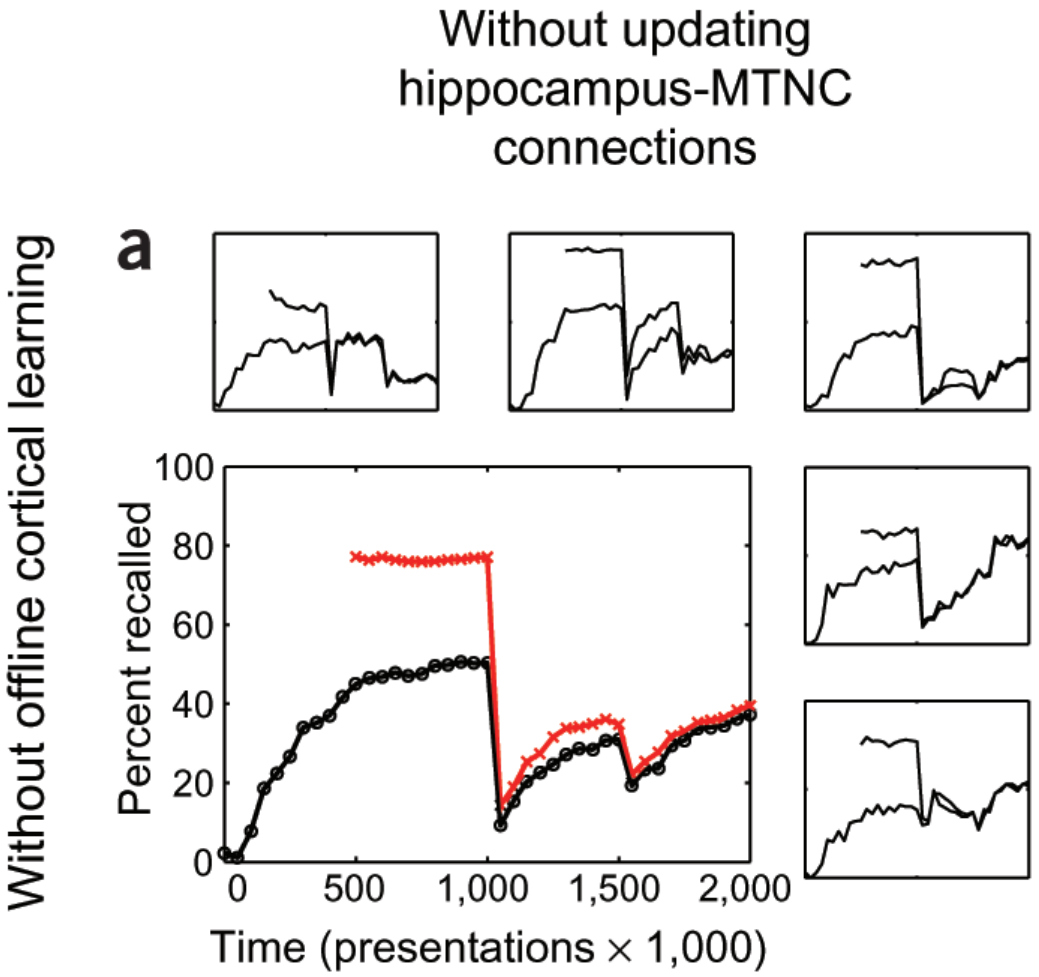
Abbildungen



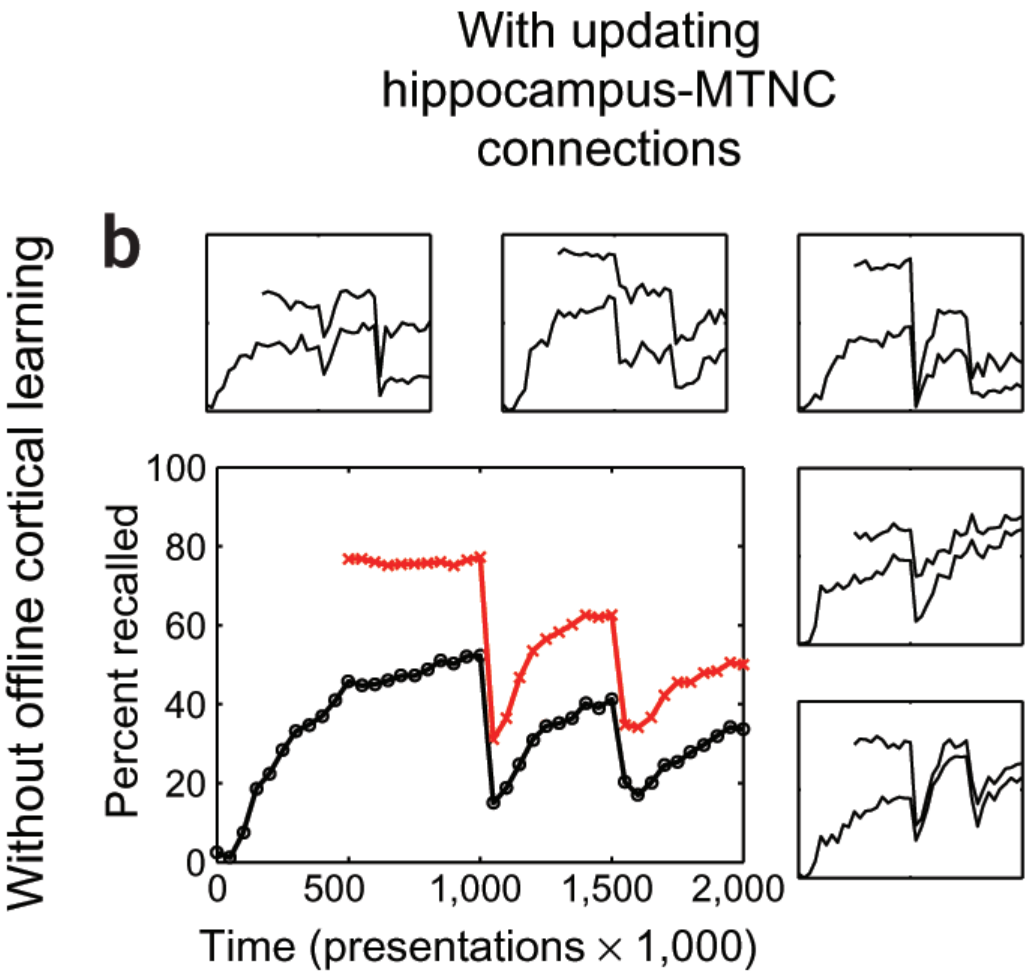
Abbildungen



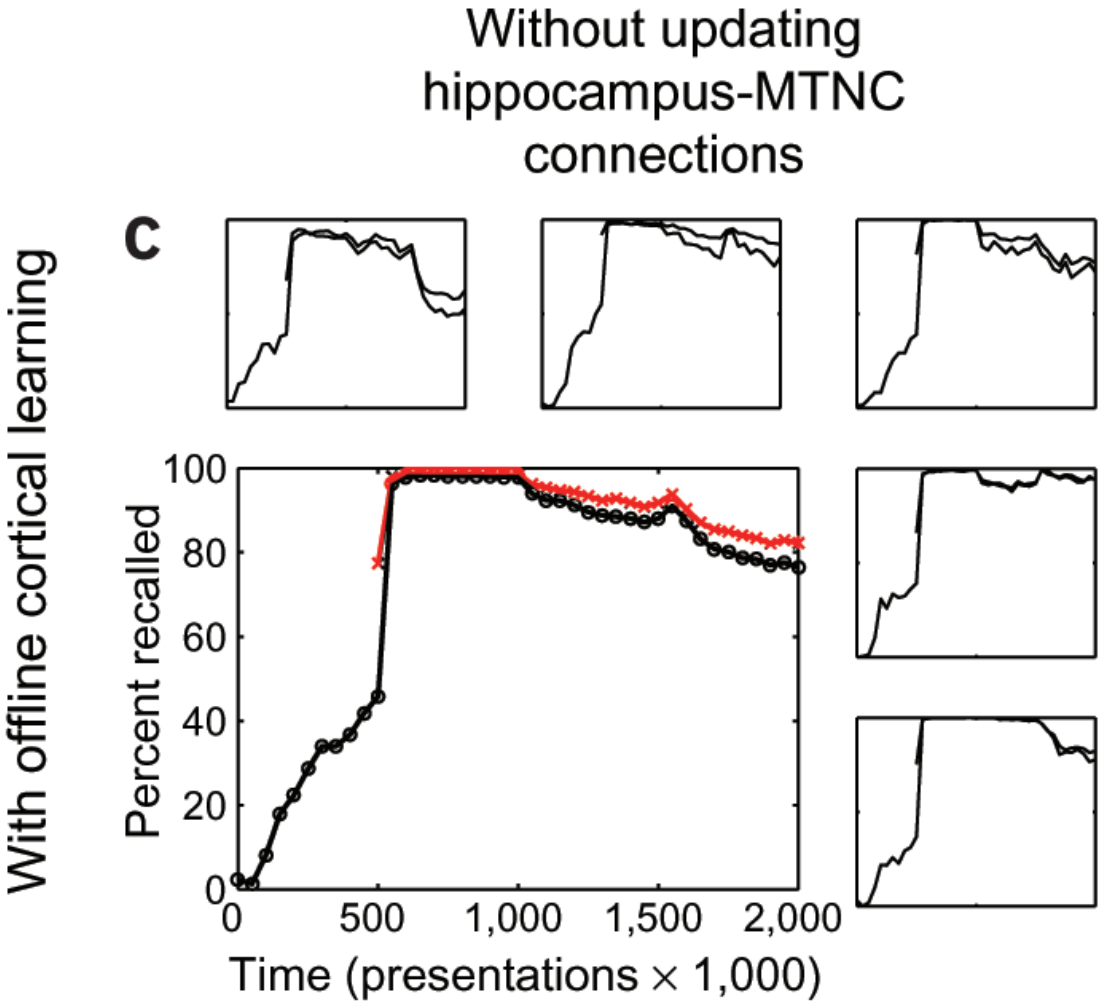
Abbildungen



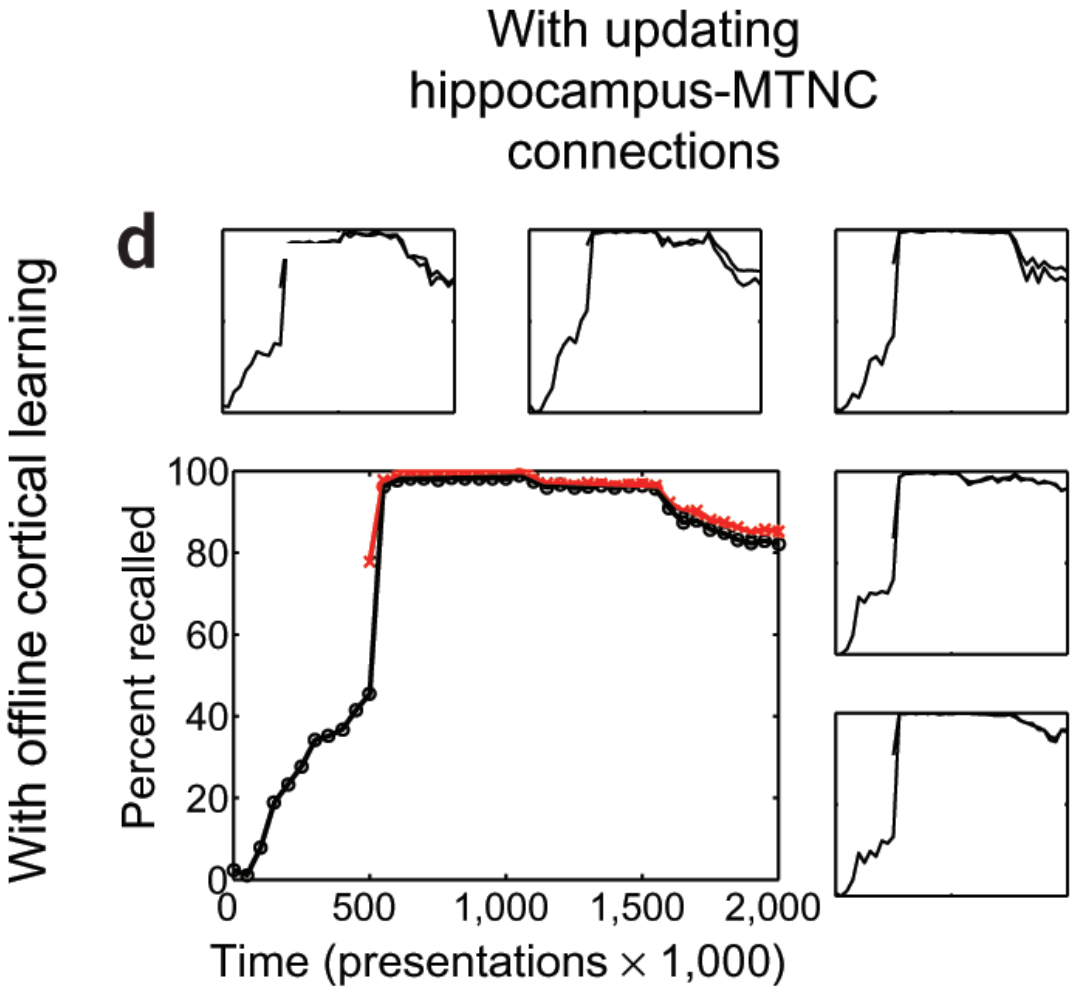
Abbildungen



Abbildungen



Abbildungen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Die Präsentation steht zum Download
unter `http://tud.bashcomp.de` zur Verfügung.